

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA Y METALURGICA.

SECCION DE POS GRADO



GEOMECANICA APLICADA EN LA PREVENCION DE PÉRDIDAS POR CAÍDA DE ROCAS MINA HUANZALÁ-CÍA. MINERA SANTA LUISA S.A.

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN

SEGURIDAD Y SALUD MINERA

PRESENTADO POR:

AQUILINO BUSTAMANTE MURILLO

LIMA – PERU

2008

DEDICATORIA

***A mi esposa Alda, a mis hijos:
Cynthia, Antonio, Sandra y Luís
Fernando, por su comprensión
y apoyo.***

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarme la oportunidad de continuar estudios de Post-Grado. Asimismo a los profesores de la Escuela de la Maestría de la Facultad de Ingeniería, Geología, Minera y Metalúrgica por sus sabias enseñanzas recibidas.

Mi agradecimiento muy especial a mis asesores, Ing. M.Sc. José Antonio Corimanya y al Ing. M.Sc. Max Alcántara, de quienes he recibido mucho de sus sabias experiencias y sapiencias, fuera y dentro de las aulas universitarias, y además, gracias a sus dotes de grandes docentes universitarios, me fue posible realizar el presente trabajo de investigación.

Agradezco a la compañía Minera Santa Luisa S.A., por haberme dado la oportunidad de trabajar aproximadamente un año del 2006 hasta fines de mayo 2007, como Jefe de División de Seguridad y Salud Ocupacional en la mina Huanzalá. Asimismo, mis agradecimientos a los ingenieros Roberto Cabrera y Roberto Meza, responsables del área geomecánica de la empresa, por el apoyo brindado en la ejecución del presente trabajo.

Agradezco a todos mis compañeros de la promoción de Post-Grado y en especial a los de Seguridad y Salud Minera, por haber compartido momentos gratos, durante el tiempo de estudio de la maestría.

Agradezco de manera muy especial a mi esposa Alda y a mis queridos hijos por haberme apoyado, motivado e incentivado en todo momento a culminar este propósito muy importante.

INDICE

Dedicatoria

Resumen

Abstract.

Agradecimiento

Antecedentes del problema

Planteamiento del problema

Objetivos

Hipótesis

Importancia del estudio

Metodología del trabajo

Vita

CAPITULO I

1. GENERALIDADES	17
1.1 Introducción	
1.2 Metodología empleada	
1.2.1 Programa geotécnico	
1.2.2 Programa de seguridad y control de pérdidas	
1.2.3 Análisis de riesgo de accidentes	
1.3. Conceptos básicos de geomecánica y mecánica de rocas	
1.3.1 Análisis de esfuerzos y deformaciones	
1.3.1.1 Esfuerzos	
1.3.1.2 Deformaciones	
1.3.2 Influencia de los esfuerzos iniciales de rocas	
1.3.2.1 Estimación de esfuerzos verticales	
1.3.2.2 Estimación de esfuerzos horizontales	
1.3.3 Deformación de rocas	
1.3.2.1 Constantes elásticas	
1.3.4 Teoría de elasticidad aplicada a la mecánica de rocas	
1.3.4.1 Elasticidad en rocas	

INDICE

Dedicatoria

Resumen

Abstract.

Agradecimiento

Antecedentes del problema

Planteamiento del problema

Objetivos

Hipótesis

Importancia del estudio

Metodología del trabajo

Vita

CAPITULO I

1. GENERALIDADES	17
1.1 Introducción	
1.2 Metodología empleada	
1.2.1 Programa geotécnico	
1.2.2 Programa de seguridad y control de pérdidas	
1.2.3 Análisis de riesgo de accidentes	
1.3. Conceptos básicos de geomecánica y mecánica de rocas	
1.3.1 Análisis de esfuerzos y deformaciones	
1.3.1.1 Esfuerzos	
1.3.1.2 Deformaciones	
1.3.2 Influencia de los esfuerzos iniciales de rocas	
1.3.2.1 Estimación de esfuerzos verticales	
1.3.2.2 Estimación de esfuerzos horizontales	
1.3.3 Deformación de rocas	
1.3.2.1 Constantes elásticas	
1.3.4 Teoría de elasticidad aplicada a la mecánica de rocas	
1.3.4.1 Elasticidad en rocas	

- 1.3.4.1 Isotropía
- 1.3.4.2 Homogeneidad
- 1.3.4.3 Continuidad
- 1.3.4.4 Rocas No elásticas
- 1.3.5 Interrelación del área y las demás áreas de la operación minera

CAPITULO II

2.	CONSIDERACIONES	35
2.1	Historia	
2.2	Ubicación y acceso	
2.3	Geología Local	
2.4	Geología Regional	
2.5	Control de Mineralización	
2.6	Mineralización	
2.7	Geología Estructural	
2.8	Reservas	
2.9	Sistema de minado	
	2.9.1 Corte y Relleno Ascendente Mecanizado	
	2.9.2 Cámaras y pilares Mecanizado	
2.10	Costos de operación	
	2.10.1 Costo de minado	
	2.10.2 Costo de Beneficio de Planta concentradora	
	2.10.3 Costo de la unidad	
2.11	Cuadros estadísticos de accidentes por caída de rocas y derrumbes años 2004, 2005 a la actualidad.	

CAPITULO III

3.	EVALUACION GEOMECANICA	94
3.1	Evaluación geomecánica	
	3.1.1 Programa geotécnico	
	3.1.2 Litología	
	3.1.3 Condición hidrogeológica	

- 3.2 Recolección de información estructural
 - 3.2.1 Tipos de discontinuidades
 - 3.2.2 Condición de discontinuidades
 - 3.2.3 Orientación y dirección espacial de discontinuidades
- 3.3 Sistema de Clasificación de rocas
 - 3.3.1 Índice de calidad de la roca (RMR)
 - 3.3.2 Índice de calidad de la roca en excavaciones (Q)
- 3.4 Pruebas y ensayos de la resistencia de la roca
 - 3.4.1 Ensayo de resistencia compresiva
 - 3.4.2 Ensayo triaxial
 - 3.4.3 Pruebas con martillo Schimidt
- 3.5 Determinación y aplicación del soporte de rocas
 - 3.5.1 Pernos de anclaje y cables de acero
 - 3.5.2 Concreto lanzado seco y húmedo
 - 3.5.3 Malla metálica
- 3.6 Zonificación geomecánicas de áreas en explotación y por explotar
- 3.7 Tablas GSI, capacitación a trabajadores y supervisores de primera línea
- 3.8 Departamento de geomecánica, equipamiento, personal y organización
- 3.9 Implementación y sistema de control geomecánico de las operaciones.

CAPITULO IV

4. SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL 123

- 4.1 Riesgos de accidentes en interior mina
 - 4.1.1 Causas de accidentes
 - 4.1.2 Prevención de accidentes por caída de rocas
 - 4.1.2.1 Causas de accidentes por caída de rocas-estándares de trabajo
 - 4.1.2.2 Medidas de prevención
 - 4.1.2.3 Inspección de terreno y desatado de rocas-procedimientos de trabajo seguro (PETS)
 - 4.1.2.4 Procedimiento para el desatado de rocas-Investigación de accidentes.
- 4.2 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de Huanzalá, OHSAS- 18001:1999 e ISO-14001: 2004

- 4.1.1 Requisitos generales
- 4.2.2 Política de seguridad y salud ocupacional
- 4.2.3 Planificación
- 4.2.4 Implementación operación
- 4.1.5 Verificación y acción correctiva: monitoreo y medición de desempeño, accidentes, incidentes, no conformidades, acciones correctivas y preventivas, registros y administración de registros, auditorias)
- 4.2.6 Revisión por la dirección
- 4.2 Limitaciones, dificultades y éxitos en el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional
- 4.3 Costo-Beneficio del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional

CAPITULO V

- 5 PLANEAMIENTO ESTRATEGICO DE CONTROL DE PERDIDAS132**
- 5.1 El planeamiento como aprendizaje
- 5.2 El Planeamiento estratégico (Misión, Visión, Valores)
- 5.3 Análisis de factores externos
- 5.4 Análisis de factores internos
- 5.5 Análisis y selección de las estrategias
- 5.6 Manejo del plan Estratégico institucional de control de pérdidas de la compañía
- 5.7 Costo – Beneficio sobre el planeamiento estratégico de control de pérdidas

CAPITULO VI

- 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 137**
- 6.1 Conclusiones
- 6.2 Recomendaciones
- 6.3 Referencias Bibliográficas

ANEXOS DEL INDICE

ANEXOS DE INDICE

- INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1 Matriz de Riesgos	10
Cuadro N°2 Análisis de Esfuerzo y Deformación.....	13
Cuadro N°3 Diseño de pilares.....	32
Cuadro N°4 Resumen de costos.....	34
Cuadro N°5 Cuadro Estadístico de accidentes.....	35
Cuadro N°6 Condición hidrológica.....	43
Cuadros N°7,8, y 9 Resultado de ensayos.....	47
Cuadro N° 10 Esfuerzo y rotura	49
Cuadro N° 11 Resumen de Esfuerzo Normal.....	50
Cuadro N° 12 Ensayo de rebote.....	57
Cuadro N°13 Constantes Elásticas.....	58
Cuadro N°14 Esfuerzo Normal.....	59
Cuadro N°15 Resultado de pruebas.....	64
Cuadro N°16 Orientación de pernos	65
Cuadro N°17 Cálculo de materiales Shotcrete	73
Cuadro 18 y 19 Mezcla de materiales Shotcrete	74

- **INDICE DE FIGURAS**

Figura N°1 Muestra de variación de relación horizontal/vertical.....	12
Figura N°2 Curva generalizada esfuerzo/deformación.....	15
Figura N°3 Operación del método de Corte y Relleno Ascendente.....	25
Figura N°4 Ciclo de minado.....	26
Figura N°5 Configuración de datos que intervienen.....	27
Figuras N°6 y 7 Macizo rocoso de calidad regular	28
Figura N°8 Ciclo de rocas	28
Figura N°9 Organigrama de geomecánica.....	29

- **INDICE DE GRAFICOS**

Gráfico N°1 Ensayo en superficie uniáxica	48
Gráfico N°2 Ensayo en superficie triaxial.....	49
Gráfico N°3 Esfuerzo normal	51
Gráfico N°4 Resistencia a la compresión.....	56

- **INDICE DE FOTOGRAFIAS**

Foto N° 1 Máquina de compresión.....	...54
Fotos N°2 y 3 Máquinas corte directo y puntual.....	..... 55
Foto N°4 Maquina de ensayo de carga puntual .....	.....60
Fotos N°5 y 6 Perforadora Robolt y Sostenimiento de rocas.....	..... 66
Foto N°7 Instalación de cable bolting .....	.....68
Fotos N° 8,9,10 y 11 Materiales para preparar Shotcrete .....	..... 79-80
Fotos N° 12 y 13 Operación de lanzado de shotcrete .....	..... 81
Foto N° 14 Sostenimiento con malla .....	..... 86
Foto N°15 Maquina Robolt perforando taladros.....	..... 102
Foto N°16 y 17 Máquina perforadora Tamrock perforando ...	..... 104

- INDICE DE NOMENCLATURA

“E” Constante elásticas (Kg/m ² X10 ⁵)	13
“V” Valor constante para diferentes rocas (0.25)	14
σ_p Resistencia compresiva del pilar (5500.0) ton/ m ²	32
FS Factor de seguridad en diseño de pilares	32
RQD (Rock Quality Dising) Índice de calidad de rocas	44
RMR (Rock Mass Rating) Índice de calidad de roca.....	45
Q Índice de calidad de roca en excavaciones	46
GSI (Strength Geological Index) Sistema de clasificación de rocas...	87
EPP Equipo de protección personal	97
K Es la relación entre ambos esfuerzos horizontal/vertical	33
Eh Es el módulo de elasticidad promedio en GPa de la roca.....	33
Z Profundidad en metros.....	33
L Longitud de los pernos	69
B Ancho de la labor	69
ESR Relación de sostenimiento de excavación	69
P Capacidad de apoyo del perno (Kg).....	69
RC Resistencia a la tracción mínima del perno	69
S Área del perno	69
d Diámetro del perno	69

RESUMEN DEL TEMA DE TESIS

La minería es sin duda una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza. Las estadísticas indican que la causa más frecuente de los accidentes en el interior mina es por caída de rocas. Según estadísticas de los 62 accidentes fatales ocurridos en el año 2007, aproximadamente el 23% de éstos (14 fatalidades) fue por desprendimiento de rocas. Si a esta cifra le añadimos el 13% de accidentes originados por derrumbes, deslizamientos, soplado de mineral o escombros, la segunda causa de muerte en minería, es más de 36% de fatalidades relacionadas con la inestabilidad de las rocas.

Lamentablemente las consecuencias de este tipo de accidentes no son menores, por el contrario ocasionan severas lesiones al personal, incluso la muerte. Estos hechos afectan a las empresas mineras, las cuales se ven perjudicadas por la pérdida de su recurso más valioso: el hombre.

Hoy en día la geomecánica juega un papel muy importante en la industria minera, en lo que es la estabilidad de la masa rocosa, esto por las aberturas que existen en las minas como consecuencia de las operaciones mineras. La geomecánica es una herramienta muy valiosa que permite entre otras cosas: Establecer dimensiones adecuadas de las labores mineras, establecer la dirección general de avance del minado a través del cuerpo mineralizado, especificar el sostenimiento adecuado, asegurar el rendimiento adecuado de la masa rocosa involucrada con las operaciones, etc.

El objetivo de la presente tesis es contribuir en reducir los accidentes (incapacitantes y fatales), daños a la propiedad (equipos e instalaciones), y paradas de procesos (operaciones), a la mina Huanzalá, mediante: a) Un estudio geomecánico y de un sostenimiento adecuado de labores mineras, tales como: Pernos de anclaje, cable bolting, shotcrete por vía seca - vía húmeda y la malla metálica, b) La Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad, basado en el Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS:18001-1999 y el Sistema Ambiental ISO: 14001- 2004, que viene realizando la empresa, y c) El Planeamiento Estratégico que se desarrolló años atrás en la unidad y que se debe mejorar y actualizar con algunos conceptos modernos. Herramientas muy importantes en la actualidad que vienen desarrollando muchas empresas exitosas, todo esto permitirá a la empresa Santa Luisa, realizar sus operaciones con calidad a mediano plazo. Por tanto, estas herramientas permitirán también, disminuir la ocurrencia de incidentes en las diferentes operaciones mineras.

Abstract.

SUMMARY OF THE ISSUE OF THESIS

Mining is undoubtedly one of the highest risks that the man is working on. Statistics show that the most frequent cause of accidents inside the mine is rock falls. According to statistics of the 66 fatal accidents occurred in the year 2007, approximately 23% of them (14 fatalities) were by falls of rocks, if we add to this figure the 13% of accidents caused by floods, landslides, mineral or blown debris. The second leading cause of death in mining is more than 36% of fatalities associated with the volatility of rocks. Unfortunately, the consequences of such accidents are not minors, causing severe injuries to staff, including in some cases death. These facts affecting mining companies, which are handicapped by the loss of their most valuable resource; man. Today geomechanics plays a very important role in the mining industry, in what is the stability of the rock mass, this for the openings that exist in mines as a result of mining operations. The geomechanics is a valuable tool that allows inter; Establish adequate dimensions of the work mining, establishing the overall direction of advance of mining through the mineralized body, specifying the appropriate support, to ensure adequate return of the rocky mass involved with the operations, and so on. The objective of this thesis is to help reduce accidents (disabling and fatal), damage to property (equipment and facilities), and stops processes (operations), the mine Huanzalá through: a) A study and geomechanical sustaining an adequate mining tasks, such as anchor bolts, cable bolting, shotcrete through dry-wet and the metal mesh b) Implementation of Safety Management System, based on the System for Occupational Safety and Health OHSAS :18001-1999 and Environmental System ISO: 14001-2004, which is implementing the company, and c) Strategic Planning that developed years ago in the drive and needs to be improved and updated with some modern concepts, very important tools in now that many companies have developed a successful, will enable the company Santa Luisa, conduct their operations with quality in the medium term. Therefore, these tools will also, reduce the occurrence of incidents in the different mining operations.

Antecedentes del problema

Las estadísticas proporcionadas por el Ministerio de Energía y Minas, señalan que la mayor cantidad de accidentes fatales ocurridos en las minas a nivel nacional es por desprendimiento de rocas o caída de rocas. De igual forma, el último accidente fatal ocurrido en el mes de marzo del 2006 en la mina Huanzalá, de la Compañía Minera Santa Luisa, ha sido por caída de rocas.

El poco conocimiento de los trabajadores sobre el comportamiento de la estabilidad de macizo rocoso, sobre la forma correcta de colocar los diferentes tipos de sostenimiento, el incumplimiento de las normas de seguridad, de los procedimientos de trabajo de las operaciones, la falta de una supervisión en las labores mineras, etc., son fallas del sistema de gestión de seguridad, los cuales originan la ocurrencia de los lamentables hechos como son los accidentes.

Por tal razón, la mayoría de las empresas mineras se ven perjudicadas económicamente, por los continuos daños a las instalaciones, a los equipos y la fatalidad del factor mas importante de una organización.

Planteamiento del problema

Para el caso de las excavaciones subterráneas, su estabilidad estará definida por la capacidad que estas poseen para conservar la forma y dimensiones requeridas de su sección transversal durante todo el tiempo previsto de la explotación minera.

Existe la falta de control de la estabilidad de rocas debido a diversos factores, entre los que destacan:

- Método de laboreo empleado
- Las propiedades físico-mecánicas de las rocas.
- Grado de agrietamiento del macizo rocoso y unido a esto el número de sistemas de grietas existentes, sus orientaciones respecto a la dirección de la excavación, material del que están rellenas las grietas entre otros.
- Tensiones actuantes en el macizo (antes y después hecha la excavación).
- Presiones de flujos excesivos de cantidad de agua e hidráulica del macizo

OBJETIVOS

Los principales objetivos del presente trabajo de investigación, son los siguientes:

- 1.- Lograr una producción eficiente, y una buena productividad en las operaciones de la mina Huanzalá, sin lesiones personales, daños a equipos, ni paradas de las operaciones. Todo ello mediante un adecuado control de estabilidad de la masa rocosa en las labores mineras, tales como:
 - Control de las dimensiones adecuadas de las diferentes labores, rampas, accesos, tajeos, etc.
 - Cumplimiento del sistema de sostenimiento de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica: pernos de anclaje, cable bolting, shotcrete, vía seca y húmeda y el enmallado de acuerdo al tipo de rocas y labores.
- 2.- Cumplir con la producción planeada en forma diaria, sin sacrificar la seguridad para cumplir con la producción.
- 3.- Motivar al personal de la mina Santa Luisa, en el uso de técnicas de manejo de riesgos para que de esta manera puedan prevenir los accidentes.
- 4.- Realizar voladura controlada mediante el famecorte en algunas labores en terrenos fracturados.
- 5.- Difundir a todos los trabajadores de la organización y en forma especial al personal de mina, la importancia de la geomecánica como una herramienta importante en el control de caída de rocas.
- 6.- Difundir el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional y el Planeamiento Estratégico, herramientas valiosas en las operaciones mineras de la organización que busca: a) consolidar, perfeccionar y mejorar los programas /sistemas existentes en las operaciones, b) dominar técnicas para la identificación de peligros y evaluación de riesgos, c) mejoramiento continuo de la cultura de seguridad, educando y motivando a todos los trabajadores y gerentes en las técnicas del manejo de riesgos, para de esta manera, prevenir todas las formas de pérdidas humanas, equipos, instalaciones y procesos.

Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo de investigación, es con el fin de demostrar la gran utilidad la aplicación de la geomecánica en las operaciones mineras de la mina Huanzalá y por lo tanto, como un control de la ocurrencia de los incidentes/accidentes por caída de rocas.

La geomecánica aplicada a la mina Huanzalá permite dar soluciones con respecto a la inestabilidad de las rocas.

Esta técnica permitirá entre otras cosas:

- Asegurar la estabilidad total de toda la estructura de la mina.
- Formular soluciones y garantizar la explotación de los minerales en forma segura y garantizar los accesos seguros a las zonas de trabajo y alrededores de las labores.
- Proteger las principales aberturas de los servicios en el interior y exterior de la mina.

Importancia del estudio

Es importante el presente estudio por lo siguiente:

- Permitirá evitar y/o disminuir disminuir los incidentes/accidentes por caída de rocas, utilizando las herramientas, a fin de controlar la estabilidad de rocas, estableciendo utilizando los tipos de sostenimiento en las diferentes labores mineras.
- Garantizar la estabilidad de la masa rocosa, con el fin de brindar una operación segura y de calidad.
- Contribuir al diseño adecuado en el planeamiento de las operaciones mineras de la mina Huanzalá.
- Mayor difusión de la geomecánica entre los trabajadores, con el fin de mejorar la cultura de prevención, y así controlar la caída de rocas.
- Mayor difusión del Sistema Integrado de Seguridad y Salud Ocupacional, una herramienta que permitirá realizar trabajos en forma segura, cumpliendo normas internacionales y controlar los riesgos existentes en las zonas de trabajo en mina.
- Mayor difusión del Planeamiento Estratégico, una herramienta también muy importante, que permitirá realizar trabajos de calidad, conociendo las fortalezas de la organización, mejorando las debilidades y aprovechando las oportunidades para una operación eficaz.

Metodología del trabajo

La metodología del trabajo consiste en lo siguiente:

- a) Recopilación de datos bibliográficos utilizando como fuente de información: libros especializados en geomecánica, seguridad e higiene minera, revistas, folletos e Internet.
- b) Recopilación de datos de campo de las operaciones de la mina Huanzalá y la toma de datos, como son: datos geológicos, sistema de minado, copias de planos de operaciones mineras, geológicas, sistemas de sostenimiento, etc.
- c) Se realizaron diferentes trabajos de gabinete en compañía de los Ingenieros Roberto Cabrera y Roberto Meza, Jefes del área de Geomecánica y voladura de la empresa Santa Luisa.
- d) Definir y establecer diseños, pruebas de soportes para cada tipo de labores, tales como pernos de roca, cables bolting, shotcrete vía seca y vía húmeda y mallas electro soldadas, para cada tipo de rocas.
- e) Interrelación de la seguridad y la geomecánica.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Todas las operaciones mineras subterráneas, durante el desarrollo de las mismas, han sufrido la ocurrencia de accidentes. La causa de éstos hechos por lo general, fueron ocasionados por caída de rocas. Las pérdidas considerables por daños ocasionados a las instalaciones equipos y lesiones a personas, se registran anualmente con las estadísticas de fatalidades.

Es importante conocer los factores que ocasionan los accidentes de éste tipo, por lo que, se debe partir con el conocimiento general del yacimiento, y ésta información debe ser difundida entre todos los trabajadores que realizan labores en el subsuelo; no se debe escatimar esfuerzos y reconocer que, la explotación minera es el resultado del trabajo de mineros, mecánicos, geólogos, topógrafos, etc., y ellos deben tener el total conocimiento de la zonas donde diariamente se exponen, por lo tanto, la información de las características del macizo rocoso, debe complementarse con el entrenamiento en campo, a fin de realizar actividades de desate completo de las dichas labores. El desarrollo de los controles para prevenir la ocurrencia de caída de rocas, es un trabajo desplegado entre las jefaturas de las áreas operativas, quienes responsablemente deben asumir la dirección de las operaciones, con conceptos de autoestima, liderazgo, compromiso y respeto a la vida. Es importante desarrollar programas de inspección de seguridad, con el objeto de verificar el estado de las labores, sobre todo el techo de las labores, estas observaciones deben registrarse en un documento, asignando responsabilidades para el levantamiento de las mismas, que, luego deben ser evaluadas en las inspecciones, verificando su cumplimiento en fechas indicadas. Una vez ocurrido el incidente, sean menores ó con potencial de pérdidas, inmediatamente se debe analizar las causas del evento, contando para ello, la participación de los responsables de cada área de la mina, representante de los trabajadores y jefatura de seguridad, quienes deben tomar acciones preventivas para controlar dichos riesgos, los cuales deben ser evaluados posteriormente por Geología y Geomecánica, hasta lograr un control definitivo que debe ser verificado en las inspecciones programadas.

En Santa Luisa periódicamente, todo el personal que labora en mina, recibe una capacitación, específicamente con temas orientados a la prevención, considerando el tipo de yacimiento, la calidad del macizo rocoso, tipos de sostenimiento, desate de rocas, reconocimiento de áreas críticas, etc., y una evaluación en el campo, para la mejor práctica del aprendizaje.

La prevención, se debe realizar con participación desde la alta dirección de la organización hasta el último personal de servicios de las empresas especializadas, los registros de las fatalidades, en mayor número, ocurrieron en éstas empresas como se puede observar en los cuadros estadísticos, muchas veces no tienen políticas definidas y menos aún, sistemas de seguridad.

1.2 Metodología empleada

1.2.1 Programa geotécnico

Los objetivos del programa geotécnico son:

- a) Mantener un programa de obtención de información geomecánica básica, mediante mapeos geomecánicos, para la caracterización de la masa rocosa del yacimiento, que conduzca a una zonificación geotécnica de la mina.
- b) Realizar las diversas aplicaciones geomecánicas en el desarrollo, preparación y la explotación de la mina, usando los datos de caracterización del sitio y aplicando diversos métodos de cálculo para evaluar varios esquemas y estrategias de minado.
- c) Caracterizar la respuesta operacional de la masa rocosa a la actividad de minado por medio de mediciones y observaciones.
- d) Acumular información in-situ sobre el comportamiento de la masa rocosa y los modos de respuesta de la estructura de la mina, para realizar procesos de retroalimentación.
- e) Establecer estándares de los parámetros geomecánicos y los procedimientos de control de calidad de los mismos,
- f) Capacitar en forma permanente al personal de la mina, con el fin de contar con personal calificado, entrenado, capacitado y sobre todo comprometido, a fin de contribuir a la organización a evitar los accidentes.

1.2.2 Programa de seguridad y control de pérdidas

El Programa de seguridad y el control de pérdidas de la compañía Minera Santa Luisa, se basa en el planeamiento, la organización, dirección, ejecución, y control de las actividades encaminadas a identificar, evaluar y controlar todas aquellas acciones, omisiones y condiciones que pudieran afectar la salud o la integridad física de los trabajadores, daños a la propiedad, interrupción de los procesos productivos.

El Programa de seguridad es parte del sistema de gestión empresarial y que está bajo el liderazgo del ejecutivo de más alta jerarquía de la organización en la mina.

El éxito del Sistema Moderno de Gestión de Riesgos, estriba en el hecho de incidir y lograr cambiar el nivel de cultura de la organización, la manera cómo la empresa Santa Luisa realiza sus operaciones, de tal forma, se convierta en una nueva forma de vida de los trabajadores.

El compromiso y el liderazgo para con el proceso, trabajo en equipo, dar confianza a la gente, practicar la empatía, las mejores formas de hacer las cosas, el reconocimiento al personal, la retroalimentación positiva y reemplazo de los antiguos paradigmas, etc., todo ello, conllevará en la salud económica de la organización y consecuentemente en sus resultados financieros también. Si la gestión de seguridad es exitosa, la producción va a ser de calidad y segura.

El control de pérdidas en la empresa se basa en el cumplimiento de normas, reglas, procedimientos, etc. con el fin de administrar en forma adecuada los riesgos y evitar las lesiones personales y daños a la propiedad. Santa Luisa, viene administrando en forma preventiva todas las herramientas de gestión a fin de controlar y realizar una operación segura.

El Sistema Integrado de Huanzalá (SIH) que se viene implementando en forma progresiva, es una herramienta de control de riesgos y peligros que permite a la organización controlar en forma eficiente los riesgos existentes en las diferentes zonas de operación.

1.2.3 Análisis de riesgo de accidentes

Partimos con la premisa: “Nada en la vida es seguro”.

Toda actividad que uno realiza conlleva un riesgo:

- Cruzar la carretera.
- Conducir un vehículo.
- Perforar en una labor subterránea.
- Viajar en avión.
- Chutear mineral de una tolva de gruesos.
- Subir una escalera.
- Ingresar a un espacio confinado.
- Realizar sostenimiento en una galería, etc.

Esta lista es interminable y cubre cada aspecto de nuestra vida diaria

DESASTRES EN LA INDUSTRIA MINERA

- En el peor desastre mundial, 1549 personas fallecen como resultado de una explosión en una mina de carbón en Honkeik Colliery, China, el 26 de abril de 1942.
- El 24 de agosto, 1995, el Presidente Jagan de Guyana, declara una zona de 88 Km. como una zona de desastre después que los bancos de una laguna con cianuro utilizado para la extracción del oro se rompieron y los químicos contaminaron las aguas.
- En el Perú en el 2000 en la localidad de Choropampa hubo un derrame de mercurio, originado por uno de las empresas contratistas de la mina Yanacocha. Un buen número de personas se han intoxicado con mercurio y la empresa minera Yanacocha ha recibido una multa de 500 mil dólares

ANALISIS DE RIESGO

Antes de poder controlar los riesgos éstos deben ser identificados. Una manera de eficaz de hacerlo es mediante el monitoreo y análisis a través de inspecciones

- Datos (un inventario de los procesos/operaciones).
- Análisis de riesgos (propriadamente dicho).
- Inspecciones.

- Ensayos.
- Estudios.
- Investigación de accidentes

RIESGO: Es la posibilidad o la probabilidad de pérdida, determinada por la frecuencia y severidad.

Una roca fracturada en el techo de una labor es un peligro. El riesgo no es la caída de roca o el desprendimiento de una roca, sino, la probabilidad de que caiga la roca.

RIESGO = Frecuencia (Probabilidad) x Severidad (Consecuencia)

- Frecuencia es la cantidad de veces en que se presenta un evento específico por un periodo de tiempo dado.
- Severidad es la consecuencia de un evento específico y representa el costo del daño, pérdida o lesión.

CLASIFICACION DE RIESGOS EN SANTA LUISA

De acuerdo a las consecuencias, se considera:

- Categoría **1 - CATASTROFICA.** Desastre. Resulta en fatalidades o lesiones de gravedad o pérdida del sistema con implicaciones de gravedad para la organización, US \$ mayores de 50,000.
- Categoría **2 - FATAL.** Muy seria. Resulta en lesiones personales o daños al sistema o requiere de una medida correctiva inmediata para la supervivencia del personal o del sistema. U S\$ 5,000-50,000.
- Categoría **3 - PERMANENTE.** Daños de Seriedad. Resulta en lesiones personales o daños al sistema o requiere de una medida correctiva inmediata para la supervivencia del personal o del equipo. US \$ 500 - 5,000.
- Categoría **4 - TEMPORAL.** Marginal. Puede resultar en una lesión leve o una interrupción del sistema, pero se puede controlar con medidas correctivas. US \$ 100-500.
- Categoría **5 - MENOR.** No resulta en lesiones personales o daño significativo a la propiedad. Hasta US \$ 0-100

MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGOS

SEVERIDAD / CONSECUENCIAS

Catastrófico	1	1	2	4	7	11
Fatal	2	3	5	8	12	16
Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4	10	14	18	21	23
Menor	5	15	19	22	24	25
		A	B	C	D	E

FRECUENCIA / PROBABILIDAD

A : Común – sucede con mucha frecuencia

B : Ha ocurrido - con frecuencia

C : Podría ocurrir - ocasionalmente

D : No es probable que ocurra –raro

E : Prácticamente imposible –muy raro

NIVELES DE RIESGO

Nivel Alto	Nivel Medio	Nivel Bajo
1	9	17
2	10	18
3	11	19
4	12	20
5	13	21
6	14	22
7	15	23
8	16	24
		25

Cuadro Estadístico de Accidentes de la Mina Huanzalá- Santa Luisa - 2008

COD DESCRIPCION	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agc	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL	% DIST
52 TIROS CORTADOS	1	1				5	1	9	14				31	31
01 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS	5	1	1	1	6	3	4	2	3				26	26
06 OPERACION DE MAQUINAS	5	1	3	1	3		2		1				16	16
59 BOMBAS/TUBERIAS			1	1				2	1				5	5
05 CAIDAS DE PERSONAS									1				1	1
99 OTROS			2	1				1					4	4
10 TRANSITO	2		1										3	3
20 FALTA DE VENTILACIÓN			2										2	2
11 ENERGÍA ELÉCTRICA		1		1									2	2
25 MAL ESTADO MAQUIN./HERRAMIENTAS						1							1	1
08 EXPLOSIONES	1												1	1
55 GASES		1											1	1
34 GOLPE			1										1	1
57 SEÑALIZACIÓN				1									1	1
21 INCUMPLIMIENTO DE PROCEDIMIENTO					1								1	1
09 HERRAMIENTAS							1						1	1
48 CONDICION INSEGURA								1					1	1
33 CAIDA OBJETO								1					1	1
TOTAL	14	5	11	6	10	9	8	16	20	0	0	0	99	100

Cuadro N° 1: Cuadro de accidentes ocurridos en mina.

Fuente del Dpto. de Seguridad

Aplicando la matriz para el caso de la mina Huanzalá de la Compañía Minera Santa Luisa, los niveles de alto riesgo en la mina son: tiros cortados, la caída de rocas y operación de máquinas, que viene ocurriendo con mucha frecuencia, y en cualquier momento puede ocasionar accidentes graves.

1.3 Conceptos básicos de geomecánica y mecánica de rocas

1.3.1 Análisis de esfuerzos y deformaciones

1.3.1.1 Esfuerzos (o tensiones)

Esfuerzo (o tensión) es la fuerza interna por unidad de área cuando dicha área tiende a cero.

Esfuerzo normal: Es la componente normal del esfuerzo, es decir la componente perpendicular al plano sobre el cual actúa el esfuerzo.

Esfuerzo Tangencial (t): Es la componente tangencial del esfuerzo, es decir la componente paralela al plano sobre el que actúa el esfuerzo

σ_c : Resistencia a la compresión intacta de la roca en Mega Pascales, se obtiene en el laboratorio con el ensayo de carga puntual.

Is: Índice de resistencia bajo carga puntual = Presión/diámetro al cuadrado

1.3.1.2 Deformaciones.

Es el movimiento absoluto o relativo de un punto en un cuerpo, o bien, la variación de una dimensión lineal (extensión o contracción).

Deformación Unitaria: Es la deformación por unidad de longitud

Deformación Unitaria normal: Es la deformación unitaria en la dirección de la deformación

Deformación Unitaria tangencial: Es la variación relativa del ángulo que forman los lados de un elemento infinitesimal; o bien, siguiendo la definición general de deformación unitaria podemos definirla como la deformación por unidad de longitud, cuando la longitud sobre la que se produce la deformaciones perpendicular a la dirección de la deformación que se toma.

1.3.2 Influencia de los esfuerzos iniciales de rocas

Cualquier excavación practicada en un medio rocoso, produce un desequilibrio en el mismo; al extraer volúmenes de roca, se produce

inevitablemente la eliminación del soporte natural de la masa rocosa circundante, esto da origen a la alteración de las condiciones de equilibrio y produce una redistribución de los esfuerzos que actúan sobre el macizo rocoso, generando la inestabilidad en forma de caída o estallido de rocas.

1.3.2.1 Estimación de esfuerzos verticales y horizontales

MEDICIONES DE LA RAZÓN DE ESFUERZOS HORIZONTAL / VERTICAL

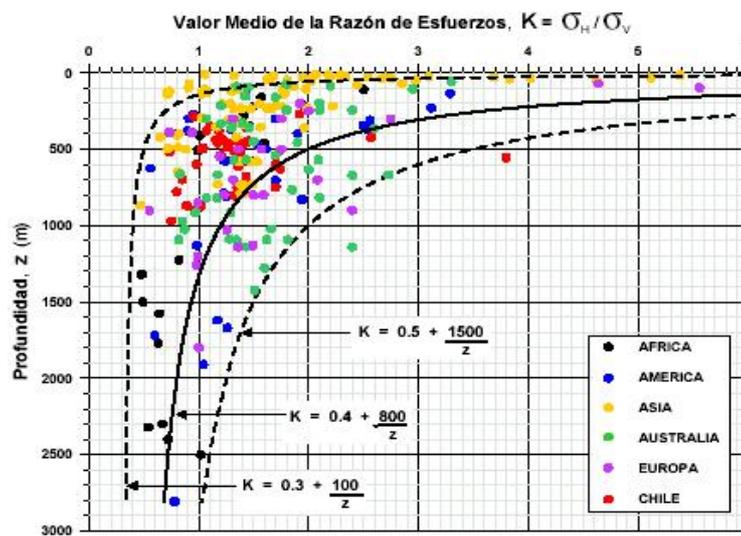


Figura N° 1. Muestra la variación de la relación de tensión promedio Horizontal/vertical, el radio promedio de tensión horizontal y vertical en la profundidad debajo de la superficie.

Fuente: **Underground Excavations in Rock (E. Hoek & E.T. Brown), pag. 100 y 101.**

El cuadro indica una aproximación matemática de dos (02) curvas de variación de la constante K, con respecto a la profundidad.

Siendo K la relación entre el promedio de esfuerzo horizontal y la vertical.

Ejemplo:

Para una profundidad de 500 metros, se tiene la $K_1 = 0.5$ y $K_2 = 3.5$

1.3.3 Deformación de rocas

La condición de tensiones reinantes o deformación de rocas en un determinado punto de un macizo rocoso está dada por la suma de los siguientes factores:

1. Esfuerzos residuales debido a movimientos tectónicos del pasado.
2. Esfuerzos tectónicos actuales debido a la continua deformación de la corteza continental.
3. Esfuerzos generados por presiones de agua de niveles freáticos.
4. Esfuerzos gravitacionales debido al peso del terreno superior.
5. Esfuerzos inducidos por la operación minera tales como excavaciones cercanas vacías, rellenas o en ejecución. (constantes)

1.3.3.1 Constantes elásticas

Las constantes elásticas se muestran en la siguiente tabla y la relación de valores de E y ν (constantes) para distintos tipos de rocas, tomados de diferentes autores.

CONSTANTES ELASTICAS DE ROCAS PARA CARGA CERO

<u>Tipos de Roca</u>	<u>Ei (Kg/cm²x10⁵)</u>	<u>ν</u>
Granito	2 - 6	
Microgranito	3 - 8	0.25
Sienita	6 - 8	0.25
Diorita	7 - 10	0.25
Dolerita	8 - 11	0.25
Gabro	7 - 11	0.25
Basalto	6 - 10	0.25
Arenisca	0.5 - 8	0.25
Pizarra	1 - 3.5	
Lutita	2 - 5	
Caliza	1 - 8	
Dolomita	4 - 8.4	
Carbón	1 - 2	

Cuadro N°2 : Análisis de Esfuerzos y Deformaciones : Fuente: Ing. David Córdova

Estos valores dependen grandemente de la cohesión de la roca. En la figura 2.1 se dan los rangos de valores de E_i para los 3 tipos de rocas previamente definidos según su elasticidad.

RELACIONES ENTRE E y V (constantes)

Experimentalmente se ha demostrado (Judol y Huber) que existe una relación directa entre E y G , y entre E y $-\sigma_c$: resistencia (la resistencia compresiva uniaxial) de una roca, para todos los ensayos realizados.

Cualquier relación entre E y G , E y K (son constantes), podría sugerir que si la roca fuera elástica, habría un valor constante de V para todas las rocas, independiente de la magnitud de E (constantes).

1.3.4 Teoría de elasticidad aplicada a la mecánica de rocas.

1.3.4.1 Elasticidad en rocas

La elasticidad es una propiedad de un material ideal. Es una propiedad de materiales ingenieriles, incluyendo rocas, en una mayor o menor extensión, dependiendo que tal acercamiento se aproximan a lo ideal. En la práctica esto depende de tres factores: la homogeneidad, la isotropía y la continuidad, los cuales pueden ser cada uno de ellos definidos en ciertos límites.

1.3.4.2 Isotropía

Es una medida de la propiedad direccional del material, por ejemplo: en un consenso estadístico un cuerpo granular será isotropito si todos sus granos tienen orientación aleatoria y un plano de igual dimensión interceptando el cuerpo en cualquier dirección expone un número igual de granos. Luego, desde que las rocas tienen orientaciones de partículas y cristales preferenciales, ellos son anisotropitos estrictamente hablando y se espera que reacciones diferentemente a las fuerzas en distintas direcciones, dependiendo del grado de anisotropía.

1.3.4.3 Homogeneidad

Es una medida de la continuidad física de un cuerpo. Luego en un material homogéneo, los constituyentes son distribuidos de tal modo que un

fragmento cortado de cualquier parte del cuerpo tendrá constituyente y por lo tanto propiedades representativas del todo. La homogeneidad es por consiguiente dependiente de la escala y podría ser posible describir un macizo rocoso de grano fino como un cuerpo homogéneo, mientras una roca de granos grandes y con dimensiones limitadas debe ser considerada como no homogénea.

1.3.4.4 Continuidad

Puede ser tomado para referirse a la cantidad de juntas grietas y espacios porosos en un cuerpo rocoso particular. El grado de continuidad afectará su cohesión y por consiguiente la transmisión de esfuerzos a través del cuerpo. Los extremos en la en la consideración de continuidades rocosa podría ser una masa de roca fracturada, la cual es completamente discontinua.

1.3.4.5 Rocas No elásticas

Un peligro similar existe en la obtención de datos para un tercer tipo de relaciones esfuerzo/deformación por métodos de laboratorio. Esta categoría incluye las rocas menos cohesivas, con espacios porosos grandes (mayoría de rocas sedimentarias débiles). Sin embargo hay una evidencia no elástica y cualquier análisis basado en la elasticidad podría ser peligroso. La curva general exhibe, una zona inicial cero (0), la pendiente va incrementándose con el aumento de carga, lo cual indica la compactación y cierre de grietas antes que ocurra una deformación cercanamente lineal.

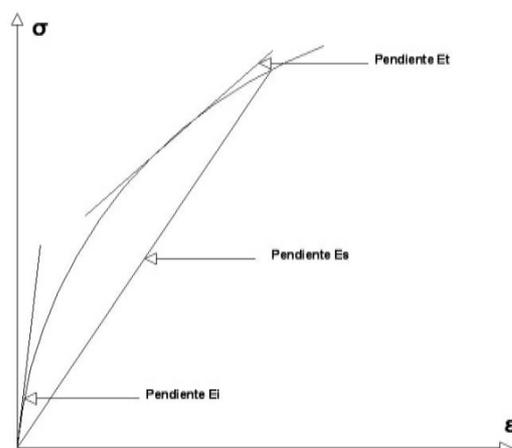


Figura N°2. Curva generalizada esfuerzo/deformación de rocas. Fuente: Copia de Análisis de Esfuerzos y Deformaciones – Ing. David Córdova.

1.3.5 Interrelación del área geomecánica y las demás áreas de la operación minera.

La geomecánica esta interrelacionada con las siguientes áreas operativas:

GEOLOGIA MINA: Proveer información geológica estructural y de ingeniería geológica del yacimiento sobre la base de un trabajo de rutina.

MINA: Para realizar todo tipo de excavaciones y uso de diferentes tipos de sostenimiento en las operaciones mineras.

PLANEAMIENTO Y DISEÑO:

- Definir todos los componentes estructurales de la mina, sobre la base de un trabajo interactivo con el grupo de Geomecánica, de tal manera debe definir la estrategia general de minado del yacimiento.
- Diseño de aberturas mineras permanentes.
- Diseño de esquemas y secuencia del avance del minado: Establecer dimensiones adecuadas de los tajeos y de los pilares, establecer la dirección general del avance del minado a través del cuerpo mineralizado, establecer esquemas adecuados de los tajeos y de los pilares dentro del cuerpo mineralizado, tomando en cuenta sus ubicaciones y orientaciones respecto al arreglo estructural de la masa rocosa y a los esfuerzos actuantes, especificar el sostenimiento temporal, especificar los parámetros de resistencia de cualquier tipo de relleno.
- Diseño de los sistemas de extracción: asegurar el rendimiento adecuado de la masa rocosa involucrada con las ventanas de carguío, echaderos de mineral y de relleno, durante la vida del tajeo, anticipar ocurrencias de problemas de inestabilidad en las labores de extracción, debido a la densidad de las aberturas, influencia de los esfuerzos y de la voladura, apoyar en el diseño de la voladura primaria (detalles de configuración del tajeo y la recuperación del mineral del tajo).
- Ubicación y dimensionamiento de las aberturas subterráneas.
- Especificaciones del sostenimiento.

- Diseños detallados de aberturas especiales (cabinas de winches, cámara de chancado, talleres de mantenimiento eléctrico-mecánico subterráneos, etc.).
- Diseño de esquemas y secuencia del avance del minado.

LA GERENCIA:

Definir el marco de referencia sobre la política y objetivos de la empresa en relación a: Restricciones corporativas particulares sobre las técnicas de minado como: las restricciones en las perturbaciones geohigrológicas, las restricciones sobre las prácticas operativas como: el trabajo en excavaciones verticales o bajo techos temporales sin sostenimiento, etc.

CAPITULO II

2. CONSIDERACIONES DE LA MINA HUANZALA:

2.1 Historia

Hace 38 años la mina Huanzalá inició su explotación con un promedio de 500 toneladas/día (junio 1968) lo que ha permitido conocer paulatinamente y sistemáticamente los principales rasgos geológicos-mineros característicos del yacimiento llegando a la actualidad a una explotación promedio de 1600 ton. /día.

Las primeras investigaciones geológicas fueron realizadas por la Mitsui Mining & Smelting Co. Ltda., del Japón en 1961. En el año 1964 se formó la Compañía Minera Santa Luisa S.A., que prosiguió las exploraciones en forma sistemática, iniciando posteriormente la explotación reseñada.

2.2 Ubicación y acceso

La mina Huanzalá está ubicada en el distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, a una altura promedio de 4000 msnm.; siendo accesible desde la ciudad de Lima mediante la carretera Panamericana Norte hasta Pativilca, luego la vía de penetración con un desvío a la altura de la laguna Cono cocha/Antamina, con un tramo final a la mina con una distancia de 420 Kms.

2.3 Geología Local

La formación Santa está constituida de 2 miembros: El miembro superior de un espesor de 120 m. compuesta de calizas con intercalaciones de lutitas y el medio inferior con un espesor de 40 m. compuesto de arenisca, lutitas, calcarenitas y capas delgadas de calizas, la estratificación presenta un rumbo de N30° - 50° W y un buzamiento de 50° a 70° NE con la presencia de ritmitas (sin genético).

Algunas lutitas del miembro superior de la Formación Santa nos sirven como capas guías para poder diferenciar 4 horizontes principales de mineralización (Veta 1 a veta 4).

Existen 2 sistemas de fallas de desplazamiento de rumbo de N 10° a 20° E y otro de N 70° a 80° E.

Se tiene una falla de empuje conocida como la "Lower Fault" inversa, con otras fallas paralelas menores de Huanzalá Sur disminuyendo hacia Recuerdo las que tienen una buena influencia en la concentración de la mineralización económica ya que han servido de conductos y a la vez de entrapamiento de la misma.

El pórfido Cuarzófero al parecer intruye a la Formación Chimú a manera de un Lacolito y en la formación Santa está presente a manera de Diques y Sills relativamente o paralelos a la estratificación.

El stock tiene una formación elipsoidal con aproximadamente 2 Kms de longitud y 200 m. de ancho, los diques Sills tienen anchos variables que oscilan entre 2 m y 50 m, con una exposición total de aproximadamente 6 Km. (Epigenético).

Al parecer Pórfido Cuarzófero es posterior al callamiento habiendo cortado y/o instruido sobre las fallas.

Se considera para la Génesis del yacimiento de Huanzalá que fue producto de una piritización y skarnización con un proceso de reemplazamiento hidrotermal ocasionando una reemovilización con una posterior substitución de iones metálicos con el consecuente reemplazamiento en horizontes calcáreos favorables (Formación Santa) relacionado a una Granodiorita en profundidad cuya manifestación extrusiva es el Pórfido Cuarzófero relacionado a diques y sills del mismo. (no se incluyen el carácter sin genético con el epigenético).

2.4 Geología Regional

En la mina Huanzalá sobreyacen concordantemente las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat y Parianca del Jurásico Superior-Cretáceo Inferior (Grupo Goyllarisguizga) principalmente las 3 primeras formaciones se ubican en el flanco invertido de un sinclinal volcado, de tal manera que dichas formaciones suprayacen de las más recientes a la más antigua, interrumpidas luego por un Pórfido Cuarzófero como una manifestación extrusiva de una Granodiorita (Ignea) en profundidad datada Pleistoceno) (Stewart y otros 1,974).

Los cuerpos de mineral de Zn, Pb, Ag, y Cu se presentan en forma estratiforme, lenticular interdigitada y masiva irregular en las 5 vetas (Vetas 1, 2, 3 y 4 en la formación Santa) y la veta 5 en la Formación Carhuaz de rumbo N30°-50° W y buzamientos entre 50° a 70° NE, con anchos variables entre 2 m. y 20 m. (Vetas 5 y V 1T respectivamente) con longitudes de hasta 300 metros.

Se tienen 3 zonas de operación, de NW a SE, la zona de Carlos Alberto (A), luego la de Recuerdo y Huanzalá Superior (B) y finalmente la de Huanzalá Principal -

Huanzalá Sur (C) apreciándose cavidades de disolución en caliza (Karst/Paleo Karst y Neo Karst) con áreas de Enriquecimiento Superior génico (lixiviación de aguas meteóricas en descenso y aguas magmáticas en ascenso-combinación de las mismas-convección).

Sobre esta base la ocurrencia de los minerales de Pb y Zn, se han dividido en tres tipos:

- Minerales de Pb y Zn en Pirita
- Minerales de Pb y Zn en Skarn
- Minerales de Pb y Zn en Shiroji (alteración Argilica).

El mineral tipo Shiroji es un producto de alteración hidrotermal de minerales de pirita y skarn.

2.5 Control de Mineralización (Se adjunta el plano)

2.5 Mineralización:

La mineralización se emplaza en una longitud reconocida de 6.2 Km. En las calizas de la formación Santa (Superior inferior) de aproximadamente 160 m. de potencia y en la base de las limo arcillas y areniscas de la formación Cachuas con un encampane de 560 m. distribuida en 12 niveles con intervalos de 40 a 60 mts. y un nivel inferior a 60 m. por debajo del nivel del Río Torres (Niv."R"). La Piritización casi simultánea de la intrusión del pórfido Cuarzófero. Skarnización y mineralización de escalerita roja. Mineralización de galena, seguido por minerales de Cu.(calcopirita). Alteración de tipo Shiroji y mineralización de escalerita negra. Mineralización de Bornita con Calcopirita. Mineralización de tennantita.

Aunque el modelo no es muy simple la distribución zonal de los elementos y minerales están relacionados a una secuencia paragenética la cual se manifiesta claramente en el yacimiento

2.7 Geología Estructural

Existen 2 sistemas de fallas de desplazamiento de rumbo de N 10° a 20° E y otro de N 70° a 80° E.

Se tiene una falla de empuje conocida como la "Lawer Fault" inversa, con otras fallas paralelas menores de Huanzalá Sur disminuyendo hacia Recuerdo las que tienen una buena influencia en la concentración de la mineralización económica ya que han servido de conductos y a la vez de entrappe de la misma.

El pórfido Cuarzífero al parecer intruye a la Formación Chimú a manera de un Lacolito y en la formación Santa está presente a manera de Diques y Sills relativamente o paralelos a la estratificación.

El stock tiene una formación elipsoidal con aproximadamente 2 Kms de longitud y 200 m. de ancho, los diques Sills tienen anchos variables que oscilan entre 2 m y 50 m, con una exposición total de aproximadamente 6 Km. (Epigenético)

Al parecer Pórfido Cuarzífero es posterior al callamiento habiendo cortado y/o intruido sobre las fallas.

Se considera para la Génesis del yacimiento de Huanzalá que fue producto de una piritización y skarnización con un proceso de reemplazamiento hidrotermal ocasionando una reemovilización con una posterior sustitución de iones metálicos con el consecuente reemplazamiento en horizontes calcáreos favorables (Formación Santa) relacionado a una Granodiorita en profundidad cuya manifestación extrusiva es el Pórfido Cuarzífero relacionado a diques y Sills del mismo.(no se incluyen el carácter sin genético con el epigenético).

2.8 Reservas de mineral

Al 31 -12-2008 se tienen estimadas 5'171,400 toneladas con 0.56 % Cu, 4.70% Pb, 10.0 % Zn y 3.88 Oz-Ag. Confirmadas como reservas geológicas y minables, esbozándose para este año 2007 un programa de sondajes diamantinos de 11,380 metros (6,680 + 4,700) en las zonas de Carlos Alberto, Recuerdo, Huanzalá superior, Huanzalá Principal y Huanzalá Sur (Potenciales A y B) tendientes a cubicar un estimado de 314,800 toneladas, con una máquina de perforación DIAMEC 262, con sistema Wire Line (AQ), el programa inicial ha sido incrementando ya a partir del tercer trimestre del presente año

Sus eficiencias superan los 8 metros/tarea y una productividad promedio de 27.66 toneladas de reserva encontrada por metro perforado (Radio de cubicación) con lo que se tiende a mantener la vida probable de la mina a un periodo de 14 años. La vida de la mina considerando las reservas geológicas y minables de mineral y el hallazgo anual relativamente constante, y tendiente a compensar el ritmo igualmente anual de explotación de 400,000 toneladas/año, podríamos decir laque la vida de la mina está asegurada hasta el año 2019.

2.9 Sistema de minado

La mina Huanzalá forma parte de las rocas sedimentarias del Cretáceo en la franja occidental del Perú, cuyas rocas sedimentarias están compuestas en orden ascendente por las Formaciones Chimú (cuarcitas, areniscas, esquistos), Santa (calizas y esquistos), y Carhuaz (estratos de calizas intercaladas con areniscas y esquistos).

El yacimiento mineralizado de la Mina Huanzalá comprenden 5 vetas mineralizadas de relativa buena continuidad en las direcciones del rumbo y buzamiento. El buzamiento de las vetas oscilan entre 60 y 70° y la potencia horizontal varía entre 1 a 10 metros con una continuidad de hasta 200m.

2.9.1 Método de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado

Se seleccionó el método corte y relleno ascendente por ser el más adecuado para el tipo de yacimiento poli metálico. El minado comprende accesos inclinados para la extracción de minerales, la galería principal y los tajos se comunican con galerías que permiten el acceso y movilidad de equipos trackless (sin rieles) de gran envergadura, de modo que estos sirvan tanto para la extracción como para el desarrollo de las galerías.

Todos los tajos de explotación de minado (abiertos) se rellenan con material de relleno detrítico en los espacios abiertos se emplea el desmonte de mina y material de préstamo de una cantera de rocas.

El control de dilución es importante para mantener la ley de cabeza. Para el caso de Sana Luisa que se caracteriza por sus depósitos vetiformes, es adecuado aplicar el método de corte y relleno que permite verificar la distribución de minerales por capas (cada 4 metros). En las operaciones de desarrollo realizadas, se han verificado que la potencia de los cuerpos mineralizados continuos oscila entre 1 y 10m. Además, el método de corte y relleno permite reducir la mezcla de desmonte tanto del techo como del piso verificando la potencia del yacimiento.

Consideraciones para la Selección del Método de Minado Corte y Relleno Ascendente.

Para la selección de este método se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones típicas:

- Maximizar la seguridad

- Minimizar los costos
- Minimizar el tiempo requerido para lograr la producción (optimizar la secuencia de tajeado)
- Optimizar la recuperación
- Minimizar la dilución
- Minimizar los ciclos de las operaciones unitarias (tiempo de perforación, voladura, limpieza, sostenimiento, relleno)
- Maximizar el sostenimiento natural.

El minado por este método es un modo particularmente flexible de operar y se adapta a los yacimientos irregulares. El minado es dinámico y se puede abastecer mineral de tajos simultáneos en explotación. Las rebanadas ascendentes rellenas con relleno se deben ajustar a distancias de las *Aberturas Máximas Permisibles*, el mineral pobre es posible dejar en forma de pilares. Enseguida se resume las principales características del método.

Cuadro 03: Características del Método de Corte y Relleno Ascendente

Aplicaciones	Ventajas	Desventajas
- Cuerpos y vetas de medio a fuerte buzamiento	- Muy selectivo	- Producción cíclica
- Cuerpos y vetas competentes y medianamente competentes con límites irreg.	- Media-Alta productividad	- Laboreo intensiva
	- Alta recuperación	- Mecanización con equipos
	- Dilución media	- Costo adicional de relleno
	- Bajo riesgo	- Consumo de elementos

Control de Producción:

La dilución es una gran desventaja en operaciones mineras ya que no solamente origina costos directos en contra (transporte y manejo del mineral en los circuitos del proceso), sino que también incluye costos indirectos significativos. Por ejemplo, cada tonelada de estéril o relleno que circula a través del circuito de la planta lleva consigo valores de mineral consigo a la cancha de relaves. Por lo que para la minimización de la dilución debería darse énfasis en la selección y subsecuente aplicación de un adecuado método de minado.

Pero hay que aclarar que la dilución es mayor en estructuras mineralizadas angostas con contactos irregulares; y menor en mineralización masiva. Para nuestro tipo de yacimiento la dilución puede ser reducido con la

experiencia de minado obtenida y la optimización del método de minado y una buena práctica minera

a) Clases de Control de Dilución

- Dilución de producción
- Contactos irregulares
- Dilución por método de explotación.

b) Control de Dilución

- Instrucción a perforistas
- Malla de perforación adecuada
- Carga explosiva adecuada
- Control geomecánico.

c) Repercusión de la dilución

- Pérdidas de material
- Disminución de utilidad para la empresa
- Mayor costo de tratamiento.

Método de Minado Utilizado

La aplicación de los criterios de la mecánica de rocas permite el modelamiento de las aberturas en los tajeos de explotación por el Método Corte y Relleno Ascendente habiéndose encontrado que la configuración de tajeos que se comporta de manera aceptable en términos de estabilidad y productividad es la que se viene realizando en Compañía Minera Santa Luisa.

Figura N° 3: Operación del Método de Corte y Relleno Ascendente.

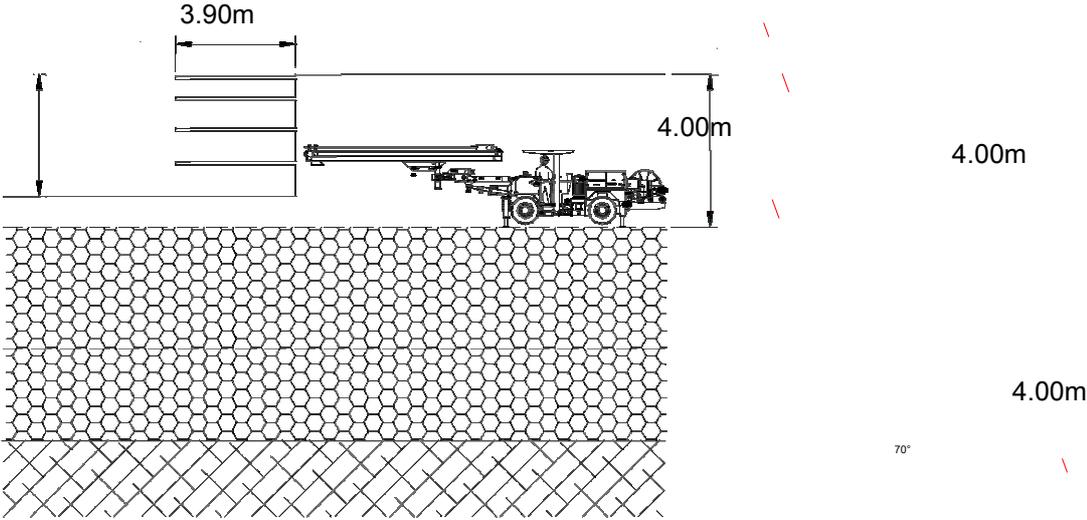
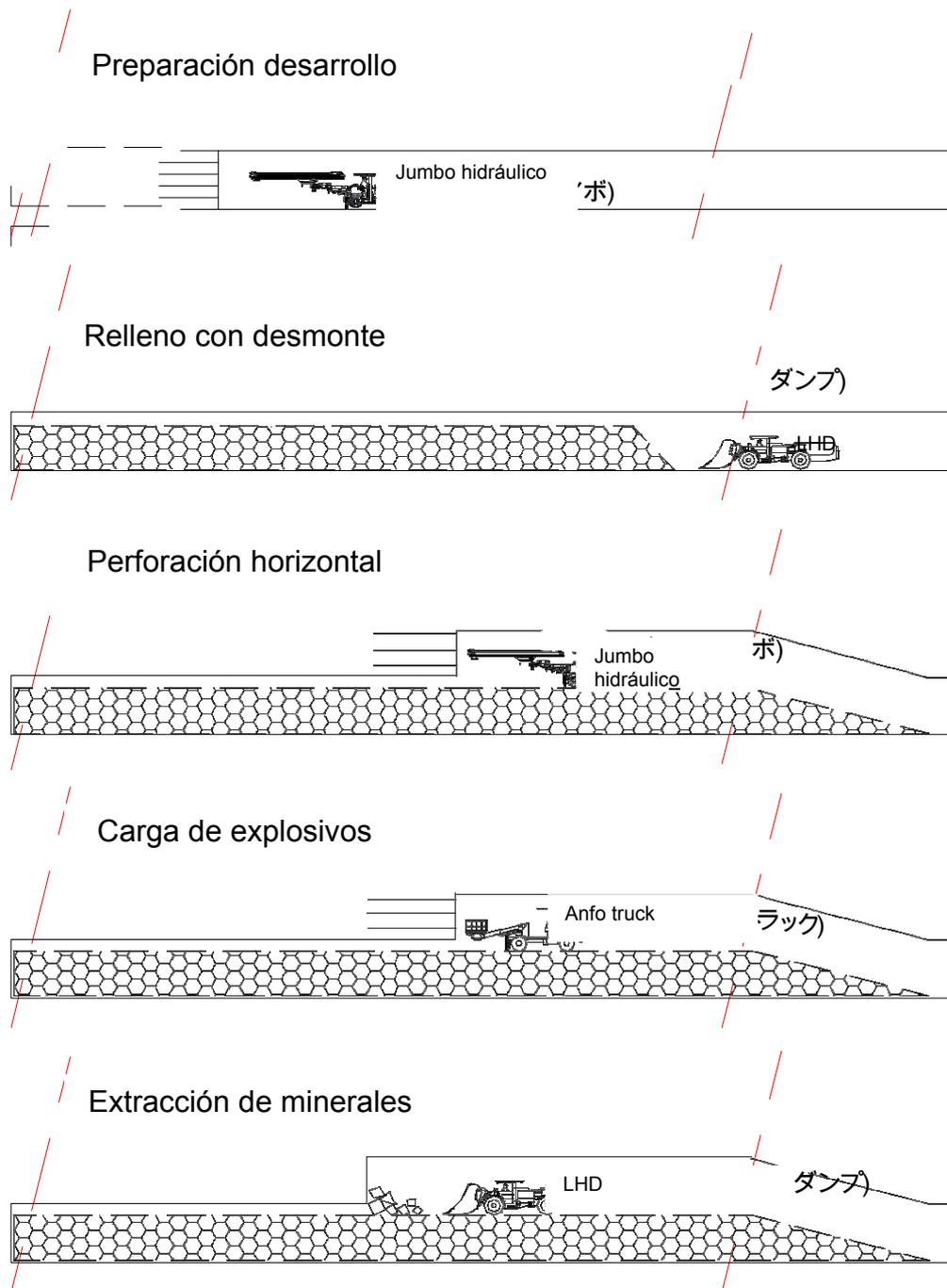


Figura N° 4: Ciclo de Minado Corte y Relleno Ascendente



El programa ha sido desarrollado por el Rock Engineering Group de la Universidad de Toronto, Canadá con el auspicio industrial del Mining Research Directorate de ese País y CODELCO Chile.

Se han efectuado una serie modelaciones de tajos variando la altura de los cortes y la ubicación de losas de relave cementado en el techo y el piso del tajo, habiéndose encontrado que la configuración de tajos que mejor se comporta en términos de estabilidad es la que se muestra en el presente análisis que se ha efectuado. En las siguientes figuras se muestran los gráficos correspondientes al modelo empleado, los factores de seguridad y las deformaciones.

Este importante planteamiento está permitiendo hacer posible la recuperación económica de la estructura mineralizada en condiciones adecuadas de estabilidad y seguridad.

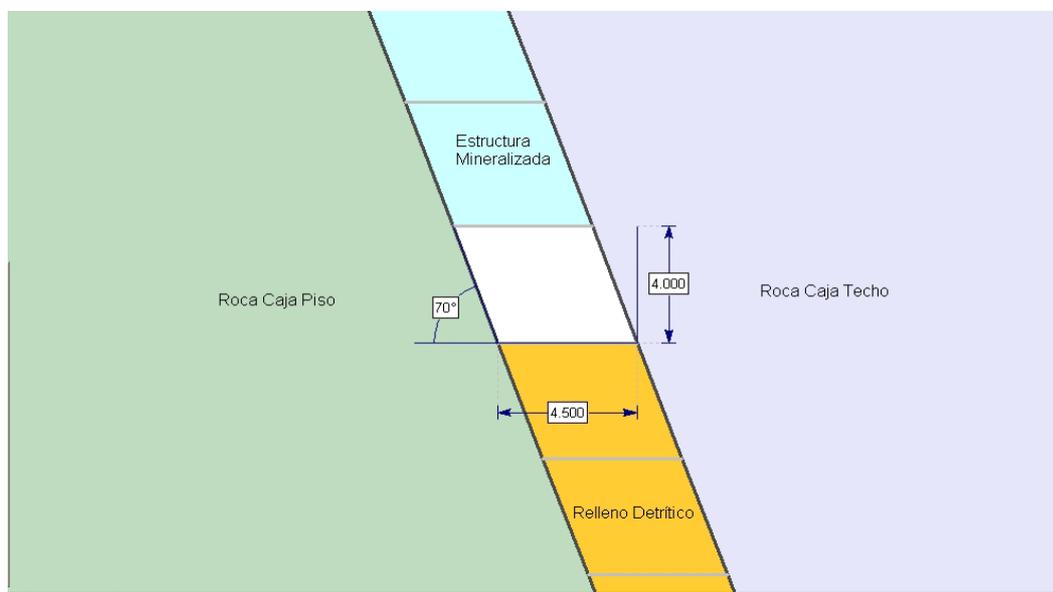


Figura N°5. Se observa la configuración de los materiales que intervienen en el modelo para la representación del método de explotación corte y relleno ascendente.

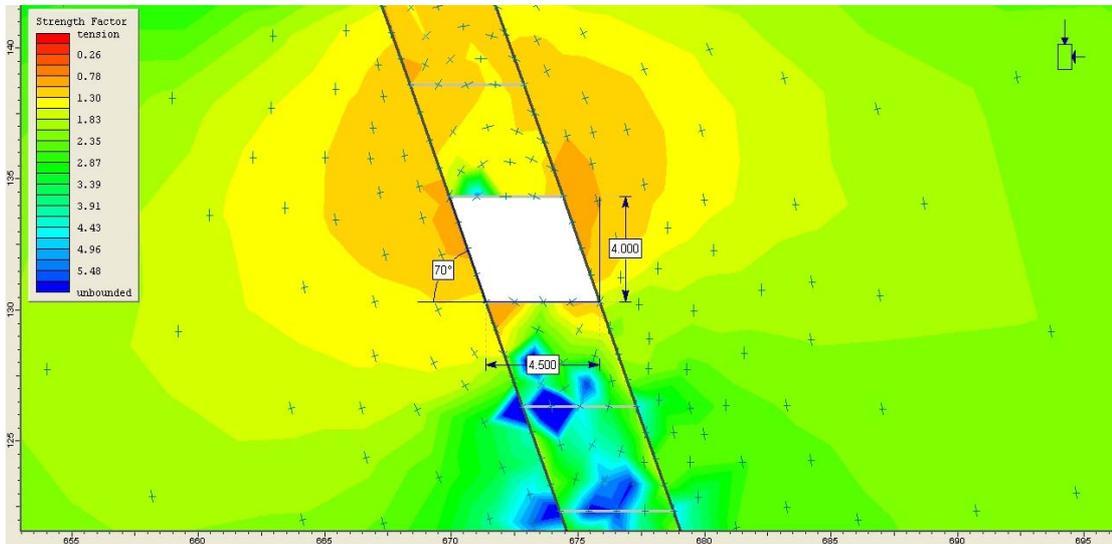


Figura N°6. En un macizo rocoso de calidad regular los resultados del modelamiento muestran una aceptable condición de estabilidad en el techo y piso de la labor, mientras que en los hastiales superiores los factores de seguridad indican una zona traccionada por lo que estas zonas requieren de algún refuerzo de fortificación.

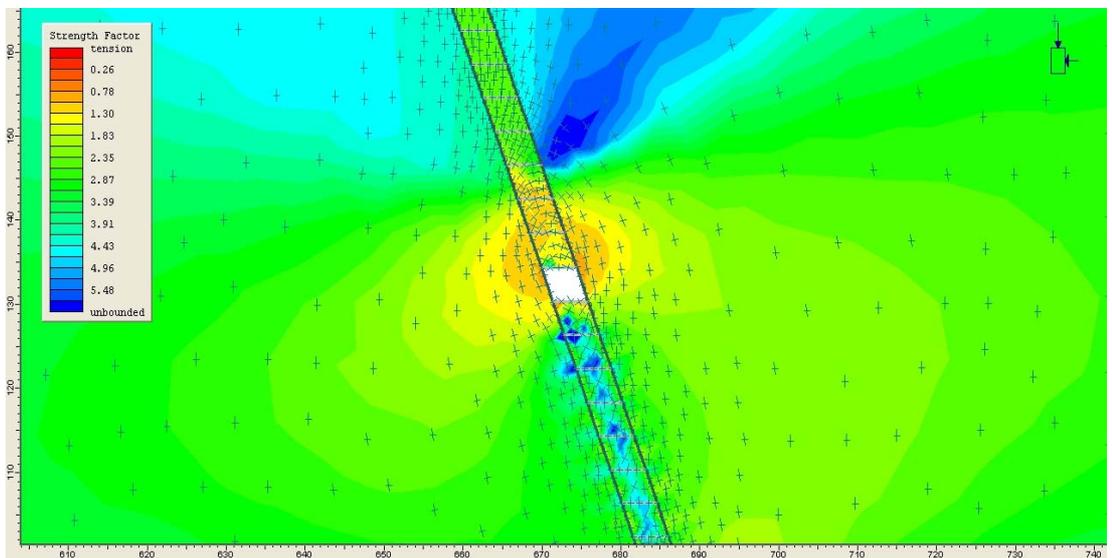


Figura N° 7. El gráfico representa el comportamiento tenso-deformacional del método de explotación a lo largo de la estructura mineralizada. Observar que debajo del tajeo la abertura ha sido rellenada con relleno detrítico en su totalidad con lo que se obtiene curvas de factores de seguridad bastantes estables en el entorno, lográndose garantizar la estabilidad post-minado.

2.9.2 Método de Cámaras y Pilares Mecanizado

El método de explotación de cámaras y pilares es una variante del método de explotación de corte y relleno ascendente, con la diferencia en que este método se utiliza en vetas anchas o en cuerpos con el uso de pilares como sostenimiento y se viene usando en la mina.

Para el diseño de pilares se utilizó el Método de la Teoría Tributaria que es uno de los métodos más aplicados. Las dimensiones de las cámaras y pilares dependen de varios aspectos de diseño, estos incluyen la estabilidad de las cajas techos y la resistencia de los pilares, del espesor de la veta y la profundidad del minado.

Se entiende que el ancho de las cámaras se elige de acuerdo a la resistencia y calidad de la roca de la caja techo, así como también en función de la presión ejercida sobre esta. Donde las cámaras sean anchos los pilares también deben serlo, ya que la presión de las cajas del techo se trasmite a estos.

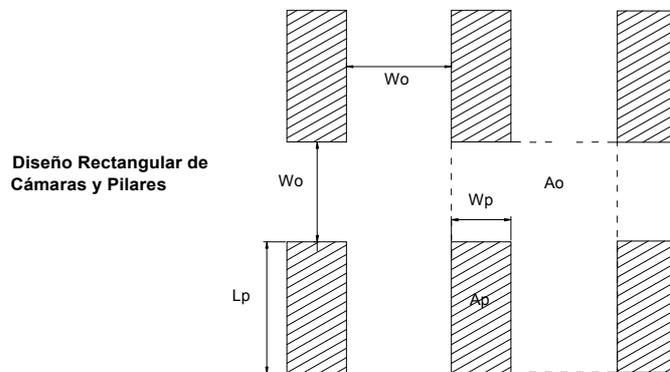
Para obtener un diseño lógico para aberturas subterráneas en diferentes tipos de roca se debe entender que la estabilidad y seguridad de cualquier teoría de diseño de estructura de roca es sólo un estimado de la verdadera estabilidad y seguridad de la estructura minada.

Para determinar la resistencia y carga del pilar, se han planteado varias teorías, para el presente trabajo utilizaremos la Teoría Tributaria.

Diseño de Pilares por la Teoría Tributaria

Obert-Duvall (1976) proponen la Teoría Tributaria para el diseño de soporte de un pilar en el método de minado de cámaras y pilares. La teoría asume que los pilares sostienen toda la carga de roca por encima. Para un diseño de cámaras y pilares de geometría rectangular se tiene.

DISEÑO RECTANGULAR DE CÁMARAS Y PILARES



Carga del Pilar: Las ecuaciones básicas que relacionan el área del pilar y las tensiones verticales son.

$$A_p = W_p \times L_p$$

$$A_t = (W_o + W_p) (W_o' + L_p)$$

$$S_v = \gamma \times Z$$

$$S_p = S_v \times ((W_o + W_p)(W_o' + L_p)) / (w_p \times L_p)$$

Para determinar el porcentaje de extracción, el cual es definido como el radio del área de minado del área total, se tiene la ecuación.

$$R_a = 1 - ((w_p \times L_p) / ((W_o + W_p)(W_o' + L_p)))$$

Donde:

S_p = Promedio de la resistencia del pilar (tn/m²)
 S_v = Esfuerzos verticales aplicados antes del minado (tn/m²)
 Z = Altura de sobrecarga
 γ = Peso específico aparente de la sobrecarga (tn/m³)
 A_p = Area del pilar (m²)
 W_p = Ancho o diámetro del pilar (m)
 L_p = Longitud del pilar (m)
 A_o = Area de la abertura (m²)
 W_o = Ancho de la abertura (m)
 A_t = Area total (m²)
 R_a = Razón del área de extracción

Resistencia del Pilar: La resistencia compresiva del pilar se calcula con la siguiente ecuación, y es aplicado a todo tipo de configuración de cámaras y pilares.

$$C_p = C_1(0.778 + 0.222(W_p/H_p))$$

C_p = Resistencia compresiva del pilar (tn/m²)

C_1 = Resistencia compresiva del espécimen con $w_p/h_p = 1$, (tn/m²)

W_p = Ancho o diámetro del pilar (m)

H_p = Altura del pilar $0.5 < W_p/H_p < 4$ (m)

Factor de Seguridad: Es recomendable utilizar un factor de seguridad de 1.6 como mínimo para la estabilidad del pilar a compresión.

$$FS = C_p(1 - R_a)/S_v$$

Caso de Aplicación en la Mina Huanzala

En una zona del Tajeo E -2400 V1T 20 RO, la estructura mineralizada tiene un ancho que varía entre 15 a 22 m, El método de minado que se esta utilizando es corte y relleno ascendente en combinación con el método de cámaras y pilares. Se tiene como objetivo realizar una optimización de la distribución de pilares para obtener la mayor posible recuperación de mineral. El tipo de roca presente en la zona es III-B (de Calidad Regular a Mala).

- Forma y Tamaño de veta : Tabular de 15 a 22 m
- Tipo de Roca (RMR) : III-B (Regular a Mala)
- Densidad de roca esteril, γ . : 2.7 (tn/m³)
- Altura litostática aproximada : 313 m.
- Resistencia compresiva uniaxial : 54 Mpa (5500 tn/m²)

Diseño de Pilares por la Teoría Tributaria

Labor: Tj E -2400 V1T 20 RO

Fecha: 19/09/06

Carga del pilar	Nominación	Valor	Unidad
Ancho de la abertura (eje x)	Wo	5,2	m
Ancho de la abertura (eje y)	Wo'	5,2	m
Ancho del pilar	wp	5	m
Longitud del pilar	Lp	5	m
Altura del pilar	hp	3,8	m
Area del pilar	Ap	25	m ²
Area total	At	104,04	m ²
Peso esp. Aparente de la roca	γ	2,7	tn/m ³
Altura de sobrecarga	Z	313	m
Esfuerzos vert. Antes del minado	Sv	845,1	tn/m ²
Razón del área de extracción	Ra	0,760	%
Resistencia del pilar			
Resistencia compresiva del espécimen	σ_s	5500,0	Tn/m ²
Resistencia compresiva del pilar	σ_p	5885,6	Tn/m ²
Factor de seguridad	Fs	1,67	

Cuadro N°3

$$\sigma_p = \sigma_s \left(0.778 + 0.222 \frac{wp}{hp} \right)$$

$$\sigma_p = 5885.6$$

Resultados geométricas del minado por Cámaras y Pilares

- Ancho de cámara (m) : 5.2 m
- Ancho del pilar (m) : 5.0 m
- Largo del pilar (m) : 5.0 m
- Altura del pilar (m) : 3.8 m

El resultado que se obtiene es FS=1.67 (superior al mínimo requerido que es FS=1.6). Con ello se demuestra que será posible minar en condiciones adecuadas de estabilidad.

$$FS = Cp(1-Ra)/Sv, FS = 5885.6 (1 - 0.760)/845.1 = 1.67$$

$$FS=1.67$$

Esfuerzos in situ

Generalmente, se considera con bastante aproximación que el esfuerzo vertical in situ en una excavación subterránea está dado por el producto del peso unitario del macizo rocoso por la profundidad de la excavación. Para el caso en estudio, teniendo en cuenta que el peso unitario promedio del macizo es de 27 kN/m³ y que la excavación se encuentra a una profundidad de 600 m, el nivel de esfuerzo vertical in situ a considerar dentro del modelo será de 16.2 MPa.

El esfuerzo horizontal in situ, por otro lado, depende de factores más complejos, tales y como el tectonismo de la zona, la topografía superficial, la presencia de fallas y otros elementos estructurales en las cercanías, etc. Usualmente, el esfuerzo horizontal in situ se representa como un valor proporcional al esfuerzo vertical in situ, y a la relación entre ambos esfuerzos (esfuerzo horizontal : esfuerzo vertical) se le denomina K.

Al no contarse con ninguna medición directa de los esfuerzos in situ, es muy difícil estimar con relativa precisión el valor de K a emplearse en los análisis, para efectos del presente estudio el valor de K se ha calculado de acuerdo con la relación propuesta por Sheorey (Hoek y otros, 1995), que tiene la siguiente forma:

$$k = 0.25 + 7E_h \left(0.001 + \frac{1}{z} \right)$$

Donde E_h es el módulo de elasticidad promedio en GPa de la roca de cobertura medio en la dirección horizontal y que estimamos es de 20 Gpa, z es la profundidad en metros de la zona en cuestión respecto de la superficie y que para nuestro caso es de 600 m., luego el valor de K calculado según estos datos es de 0.62, con lo que el nivel de esfuerzo horizontal in situ a considerar dentro del modelo será de 10 MPa.

Debemos tener en cuenta sin embargo que esta es una estimación aproximada y que valores más precisos, solo podrían ser calculados con una medición de esfuerzos in situ mediante métodos de hidrofracturamiento o de “overcoring”,

los cuales resultan caros y en el caso de Andaychagua tendrían limitada aplicación debido a que las diferentes excavaciones han hecho que se cree una redistribución de esfuerzos.

Una alternativa para estimar los esfuerzos in situ es monitorear los desplazamientos en las excavaciones según se detalla más adelante.

2.10 Costos de Operación de la Mina Huanzalá

2.10.1 Costo de Minado

RESUMEN DE COSTOS DE MINA (MAYO: 2007)

ítems	\$	Observaciones
MANO DE OBRA	\$U 130, 812.44	
MATERIALES	\$U 353, 964.15	
EXPENSAS (Mantenimiento y reparaciones internas, terceros, contratista mina y otros, etc.)	\$U 524, 219.13	
DEPRECIACION	\$U 41, 898.70	
TOTAL	\$U 1,050, 894.70	
PRODUCCION	22, 690 TON	
COSTO UNITARIO	\$U 46.32 \$/TON	

Fuente: Informe Mensual Mayo 2007 de la División Mina

2.10.2 Costo de Beneficio de Planta concentradora

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTA CONCENTRADORA (MAYO: 2007)

Ítems	\$	Observaciones
MANO DE OBRA	\$U 50, 700	
MATERIALES	\$U 217, 600	
EXPENSAS (Mantenimiento y reparaciones internas, terceros, contratista planta y otros, etc.)	\$U 30, 500	El personal de mantenimiento tanto de mina como de planta concentradora es por terceros.
DEPRECIACION	\$U 35,500	
TOTAL	\$U 332, 200	
TRATAMIENTO POR MES	44, 200 TON	
COSTO UNITARIO	\$U7.56 /TON	

Cuadro N° 4

Fuente: Informe Mensual Mayo-2007 de la División de Planta Concentradora

2.10.3 Costo de operación unidad:

46.42 \$/ton + 7.56 \$/ton. = 53. 98 \$/ton.

2.11 Cuadros estadísticos de accidentes por caída de roca y derrumbe años 2004, 2005 a la actualidad 2007

Año	Nº de Accidentes por caída de rocas y derrumbes	%	Accidentes por otras causas	%	Total	Observaciones
2004	18	32	38	68	56	
2005	29	42	40	58	69	
2006	24	37	42	63	66	
2007	14	23	48	77	62	

Cuadro N°5.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

CAPITULO III

3. EVALUACION GEOMECANICA

3.1 Evaluación Geomecánica

3.1.1.- Programa geotécnico

En el planeamiento de minado se considera la construcción y/o ejecución de labores mineras subterráneas y superficiales, por lo que es necesario, la cuantificación de las características geomecánicas del macizo rocoso, teniendo una justificación técnico-económica para una explotación racional, segura y rentable; estando además su utilización orientada a: diseño de labores mineras, diseño del método de explotación, selección de equipos, perforación y voladura, sostenimiento, relleno y drenaje, conservación del medio ambiente, productividad y los control, economía y gestión.

Entre los aspectos más relevantes del sistema de información geomecánica, relacionado a las características del comportamiento mecánico de la masa rocosa y sus componentes, son los ensayos de laboratorio y los ensayos in-situ, con la finalidad de determinar las propiedades físico mecánicas de las rocas y minerales y el monitoreo de la masa rocosa de una operación minera.



3.1.2.- LITOLOGÍA

Es el tratado o estudio de las rocas y suelos.

3.1.2.1.- Ciclos de las rocas

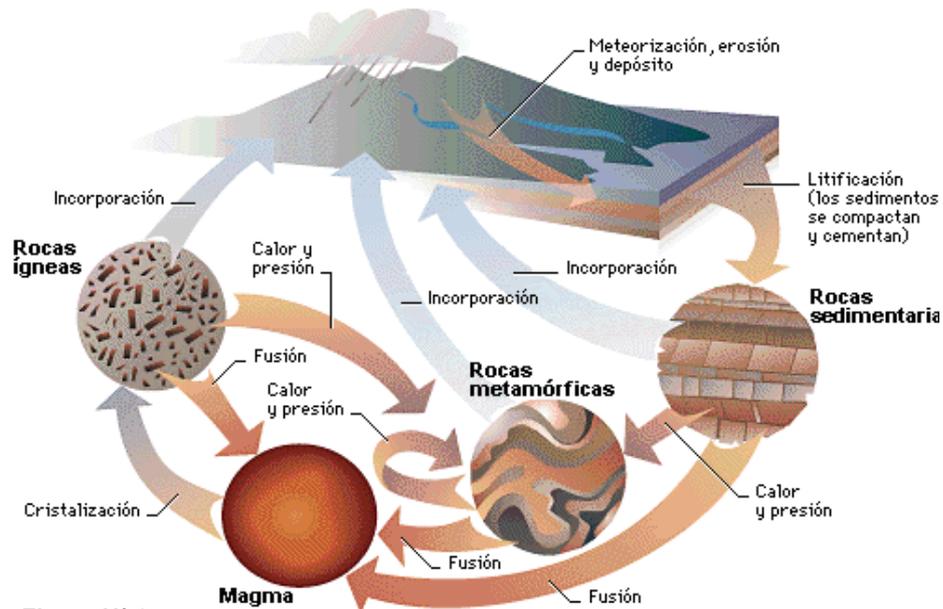


Figura N° 8

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

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

bien por exposición de la roca ígnea intrusiva a consecuencia de la erosión. La meteorización y la erosión atacan las rocas ígneas, las transportan hasta el borde continental y el ciclo comienza de nuevo.

3.1.2.2. Rocas Ígneas

En geología, rocas formadas por el enfriamiento y la solidificación de materia rocosa fundida, conocida como magma. Según las condiciones bajo las que el magma se enfríe, las rocas que resultan pueden tener granulados gruesos o finos.

Las rocas ígneas se subdividen en dos grandes grupos: las rocas plutónicas o intrusivas, formadas a partir de un enfriamiento lento y en profundidad del magma; y las rocas volcánicas o extrusivas formadas por el enfriamiento rápido y en superficie, o cerca de ella, del magma.

Existe una correspondencia mineralógica entre la serie de rocas plutónicas y la serie volcánica, de forma que la riolita y el granito tienen la misma composición, del mismo modo que el gabro y el basalto. Sin embargo, la textura y el aspecto de las rocas plutónicas y volcánicas son diferentes.

Las rocas ígneas, compuestas casi en su totalidad por minerales silicatos, pueden clasificarse según su contenido de sílice. Las principales categorías son ácidas o básicas. La razón de ello estriba en que proceden del enfriamiento de magmas con composición diferente y mayor o menor enriquecimiento en sílice. En el extremo de las rocas ácidas o silíceas están el granito y la riolita, mientras que entre las básicas se encuentran el gabro y el basalto. Son de tipo intermedio las dioritas y andesitas.

Diorita

La diorita es una roca ígnea de grano fino a grueso y de color gris a gris oscuro, compuesta en su mayor parte de sílice.

3.1.2.3 Rocas Metamórficas

Rocas cuya composición y textura originales han sido alteradas por calor y presión. El metamorfismo producido por el calor o la intrusión de rocas ígneas recibe el nombre de térmico o de contacto. Finalmente hay otro tipo de metamorfismo a gran escala, relacionado con la tectónica de placas y la orogénesis y motivado por los aumentos de presión y temperatura cercanos a la zona de colisión y subducción, que origina extensas zonas de rocas metamórficas.

Hay cuatro variedades comunes de rocas metamórficas que pueden provenir de rocas sedimentarias o de rocas ígneas, según el grado de metamorfismo que presenten, dependiendo de la cantidad de calor y presión a la que se han visto sometidas. Así, la lutita se metamorfiza en pizarra a baja temperatura, pero si es calentada a temperaturas lo suficientemente elevadas como para que se recristalicen sus minerales arcillosos formando laminillas de mica, se metamorfiza en una filita.

En los esquistos, los minerales de color claro (cuarzo y feldespato sobre todo) están distribuidos homogéneamente entre las micas de color oscuro; el gneis, por el contrario, exhibe bandas de color características.

Entre las rocas metamórficas no foliadas, las más comunes son la cuarcita y el mármol. La cuarcita es una roca dura, de color claro en la que todos los granos de arena de una arenisca se han recristalizado formando una trama de cristales de cuarzo imbricados entre sí. El mármol es una roca más blanda y frágil de colores variados en la que se ha recristalizado por completo la dolomita o la calcita de la roca sedimentaria madre.

Gneis

El gneis es una roca metamórfica formada durante un metamorfismo regional de alto grado, dando lugar a una estructura en bandas.

3.1.2.4 Rocas Sedimentarias

En geología, rocas compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la acción del agua y, en menor medida, del

viento o del hielo glacial. La mayoría de las rocas sedimentarias se caracterizan por presentar lechos paralelos o discordantes que reflejan cambios en la velocidad de sedimentación o en la naturaleza de la materia depositada.

Las rocas sedimentarias se clasifican según su origen en detríticas o químicas. Las rocas detríticas, o fragmentarias, se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas, sin deterioro químico, gracias al agua. Son acarreadas hasta masas mayores de agua, donde se depositan en capas. Las lutitas, la arenisca y el conglomerado son rocas sedimentarias comunes de origen detrítico.

Las rocas sedimentarias químicas se forman por sedimentación química de materiales que han estado en disolución durante su fase de transporte.

Arenisca

La arenisca es una roca sedimentaria constituida, predominantemente, por granos de cuarzo. Los granos pueden estar cementados por sílice, calcita u óxidos de hierro.

3.1.2.5 Mineral (Química)

En general, cualquier elemento o compuesto químico que se encuentre en la naturaleza; en mineralogía y geología, compuestos y elementos químicos formados mediante procesos inorgánicos. El petróleo y el carbón, que se forman por la descomposición de la materia orgánica, no son minerales en sentido estricto. Se conocen actualmente más de 3.000 especies de minerales, la mayoría de los cuales se caracterizan por su composición química, su estructura cristalina y sus propiedades físicas. Se pueden clasificar según su composición química, tipo de cristal, dureza y apariencia (color, brillo y opacidad). En general los minerales son sustancias sólidas, siendo los únicos líquidos el mercurio y el agua. Todas las rocas que constituyen la corteza terrestre están formadas por minerales.

3.1.2.6 Condición de fractura

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

3.1.2.6.1 Relleno de fracturas

Las discontinuidades pueden ser cerradas, abiertas o contener un relleno. Los rellenos más importantes pueden ser: Clorita (lubricante con el agua), carbonatos (se deshacen en la vida de las obras), arcillas (la Montmorillonita y la Caolinita es particularmente importante), Zeolitas (intercambian agua molecular con el medio fácilmente), Yeso (particularmente peligroso), Grafito (lubricante), Serpentina (similar a la Clorita), etc., además de otros rellenos más inocuos como el Cuarzo, la Epidota, la Anhidrita etc. para la clasificación de Laubscher y para la de Bieniawski no se necesita definir el tipo de relleno, sino que éste se evalúa solamente en base a sus propiedades físicas. En relación a estas propiedades, la clasificación de Laubscher asigna los siguientes ratings a los diferentes tipos de relleno:

Sin relleno (solamente pátina)	100
Material de cizalle duro y grueso	90 - 99
Material de cizalle duro y fino	80 - 90
Material de cizalle blando y grueso	60 - 79
Material de cizalle blando y fino	50 - 59
Salvanda < que las rugosidades	35 - 49
Salvanda > las rugosidades	12 - 35
Material de flujo	0 - 11

Para la clasificación de Bieniawski se emplea la siguiente nomenclatura:

Sin relleno	6
Relleno duro < 5 mm. de espesor	4
Relleno duro > 5 mm. de espesor	2
Relleno blando < 5 mm de espesor	1
Relleno blando > 5 mm de espesor	0

3.1.2.6.2 Rugosidad de las superficies de fractura

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

Muy rugosa	99 - 100
Rugosa	87 - 98
Moderadamente rugosa	81 - 86
Superficie suave.....	60 - 80
Espejo de falla	50 - 59

Para la clasificación de Bieniawski se empleará la siguiente nomenclatura:

Muy rugosa	VR
Rugosa	R
Superficie suave	SR
Superficie lisa	S
Espejo de falla.....	SK

3.1.2.6.3 Fracturas abiertas

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

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

3.1.3 CONDICIÓN HIDROGEOLÓGICA

El efecto del agua tiene especial importancia en los macizos rocosos diaclasados. Se tendrá en cuenta el flujo agua en el macizo rocoso. El criterio que se utilizará será el siguiente: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

Factor de reducción por presencia de agua en las juntas.	Jw	Presión agua Kg/cm ²	Observaciones
A.- Excavaciones secas o de fluencia poco importante, menos de 5 l/min. Localmente.	1	< 1	1.- Los factores de C a E, son estimaciones aproximadas aumenta Jw si se instalan drenes. 2.- Los problemas especiales causados por la presencia de hielo no se toman en consideración.
B.- Fluencia o presión media, ocasional lavado de los rellenos de las juntas.	0.66	1 - 2.5	
C.- Fluencia grande o presión alta, considerable lavado de los rellenos de las juntas.	0.33	2.5 - 10	
D.- Fluencia o presión de agua excepcionalmente altas con las voladuras disminuyendo con el tiempo.	0.1 - 0.2	> 10	
E.- Fluencia o presión de agua excepcionalmente altas y continuas, sin disminución.	0.05 - 0.1	> 10	

Cuadro N°6.

Fuente: Área de Geomecánica – Compañía Minera Santa Luisa

Dentro de la caracterización hidrogeológica aplicada son:

- Definir los niveles freáticos.
- Presiones intersticiales residuales (si las hay).
- Infiltraciones al tajo (Cuánto?, Dónde?, Cuándo?).
- Planes de despresurización.
- Planes de drenaje.

La condición hidrogeológica está controlada por:

- Tipo de roca, grado de permeabilidad (primario o secundario), controles litológicos y estructurales.
- Cantidad y presión del agua subterránea.
- Condiciones climatológicas superficiales, área de infiltración.
- Características del agua subterránea, especialmente su PH (grado de acidez).

Se clasifican en: Secas, Húmedas o goteos, Flujos sin presión y Flujo a presión

Las condiciones de alterabilidad de los macizos rocosos y la presencia de aguas subterráneas ácidas originan un rápido deterioro de la resistencia a la

compresión, lo cual debe tenerse en cuenta en la clasificación geomecánica determinada, con el objetivo de prever su comportamiento durante la excavación y durante el tiempo que permanezca en uso.

3.2 Recolección de información estructural

3.2.1 Tipos de discontinuidades.

- Levemente fracturada. Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre sí.
(Rock Quality Desing) Índice de Calidad de Roca (RQD 75 - 90)
(2 a 6 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$).
- Moderadamente fracturada. Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales.
(RQD 50 - 75)
(6 a 12 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$).
- Muy fracturada. Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades.
(RQD 25 - 50)
(12 a 20 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$).
- Intensamente fracturada. Plegamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interceptadas, formando bloques angulosos irregulares.
(RQD 0 - 25)
(mas de 20 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$).
- Triturada o Brechada. Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota, con una mezcla de fragmentos fácilmente disgregables, angulosos y redondeados.
(sin RQD).

3.2.2 Condición de discontinuidades

La condición de discontinuidades está controlada por:

- Orientación y sistemas de las mismas.
- Espaciamiento y persistencia.

Para esta condición se determina, tanto la cantidad de fallas en determinada longitud, como las fracturas por metro lineal, con lo cual obtenemos la clasificación mencionada líneas arriba.

3.2.3 Orientación y dirección espacial de discontinuidades

De acuerdo a la incidencia de éstos parámetros se expresa la condición de la excavación con un índice que varía de 0 a 100 denominado Rock Mass Rating (RMR) Índice de Calidad de Roca, existiendo variaciones y modificaciones posteriores a éste índice que se han ido desarrollando por diferentes autores en base a sus experiencias y adecuados a labores mineras, habiéndose definido en Rock Mass Rating, en el cual se hace una corrección por método de excavación y cercanía de la voladura.

3.3 Sistema de clasificación de rocas.

Las dos clasificaciones del macizo rocoso más utilizadas en la minería y construcciones de obras civiles son el **Sistema RMR** de Bienawiski (1976-1989) y el **Sistema Q** de Barton (1974). Ambos métodos incorporan parámetros geológicos, geométricos y de diseño /ingeniería para llegar a un valor cuantitativo de la calidad de su macizo rocoso. Las similitudes entre el RMR y el Q provienen del uso de parámetros idénticos, o muy similares, para calcular la valoración final de la calidad de la roca. Las diferencias entre los sistemas yace en las diferentes ponderaciones dadas a parámetros similares y en el uso de parámetros distintos en uno u otro sistema.

3.3.1 Índice de calidad de la roca - Rock Mass Rating (RMR)

El sistema que se utiliza la compañía Minera Santa Luisa es el Sistema RMR de Bieniawski (1976) quien publicó los detalles de una clasificación del macizo rocoso denominada la Clasificación Geomecánica o el índice RMR (Rock Mass Rating). A través de los años este sistema ha sido refinado con éxito,

Bienawiski ha efectuado cambios significativos en las valoraciones asignadas a los diferentes parámetros. La exposición que presentamos a continuación se basa en la versión de la clasificación de 1989 (Bienawiski, 1989). Los siguientes seis parámetros son utilizados para clasificar un macizo rocoso empleando el Sistema de RMR:

1. Resistencia a la compresión simple del material rocoso
2. Índice de la calidad de la roca (RQD)
3. Espaciamiento de las discontinuidades
4. Estado de las discontinuidades.
5. Estado del agua subterránea.
6. Orientación de las discontinuidades.

En la siguiente tabla se resume las principales características del sistema RMR aplicada a las condiciones del macizo rocoso que se presenta en la mina Huanzalá.

Tabla N° 01: Sistema de Clasificación de Rocas por el Sistema RMR

TIPO ROCA	RMR	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	RESIST. DE LA ROCA	
I	I-B	81 – 90	MUY BUENA "B"	Roca dura con muy pocas fracturas, leve alteración, terreno seco	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.
II	II-A	71 – 80	BUENA "A"	Roca dura con pocas fracturas, leve alteración, terreno seco con cierta humedad	Con varios golpes con el martillo de geólogo se puede romper pequeños fragmentos de la muestra
	II-B	61 – 70	BUENA "B"	Roca dura con regular cantidad de fracturas, leve alteración, húmedo en algunos casos.	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
III	III-A	51-60	REGULAR "A"	Roca de regular dureza, con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con ligero	Se requiere tres golpes firmes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
	III-B	41 – 50	REGULAR "B"	Roca poco blanda con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno	Con dos golpes con el martillo de geólogo se puede producir fracturamiento.
IV	IV-A	31-40	MALA "A"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca alterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua.	No se puede rayar o desconchar con una navaja. La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo.
	IV-B	21 – 30	MALA "B"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca muy alterada, fallas significativas con panizo,	Se puede rayar con dificultad con una navaja. La muestra se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo.
V	V-A	0 -20	MUY MALA "A"	Roca muy blanda, intensamente deleznable con muchas fracturas. Roca intensamente fracturada, fallas significativas con mucho panizo, flujo continuo de agua en las fracturas.	Puede desconcharse con dificultad con una navaja. Se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.

Fuente: Sistema de clasificación de Rocas del Área de Geomecánica de Santa Luisa.

3.3.2 Índice de calidad de la roca en excavaciones (Q)

El índice Q es un sistema de clasificación de rocas que fue implantado por Barton, igual que el GSI, sin embargo el sistema más utilizado a nivel mundial es el RMR.

Relación entre el índice Rock Mass Rating (RMR) y el Índice Q

El índice de calidad del sistema de clasificación RMR de Bienawiski está relacionado mediante la siguiente fórmula con el índice de calidad del sistema de clasificación Q de Barton.

$$RMR = 9 \log Q + 44$$

3.4 Pruebas y ensayos de la resistencia de rocas

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

En el presente capítulo se presentan resultados de diversos tipos de roca en diferentes minas, para lo cual se analizará dichos resultados.

En el **Cuadro N° 7**, se puede apreciar los resultados de la determinación de las propiedades físicas de una muestra de roca Andesita, proveniente de la mina Juanita de Perubar, esta muestra se caracteriza por ser roca encajonante del cuerpo mineralizado.

Cuadro N° 7

ROCA	PROPIEDADES FISICAS			
	γ (gr/cm ³)	P.E.a. (KN/m)	P.a. (%)	Abs. (%)
ANDESITA	2.739	26.87	0.31	0.11
	2.748	26.96	0.35	0.13

En el **Cuadro N°8**, se puede apreciar los resultados de la Propiedad Mecánica; de la Resistencia Compresiva " δ_c " de una muestra de roca Andesita, proveniente de la mina Juanita, esta muestra se caracteriza por ser de la roca encajonante del cuerpo mineralizado, ubicado en el Nivel 1174.

Cuadro N° 8

ROCA	CARGA DE FALLA	Resistencia Compresiva " δ_c "	
	(Kg. f)	(Kg/cm ²)	MPa
Andesita	11268	1191.48	116.77
	13263	1402.44	137.45
	14049	1485.60	145.60

En el **Cuadro N°9**, se puede apreciar los resultados de la Propiedad Mecánica; del esfuerzo a la tracción indirecto brasilero " δ_t ", de una muestra de roca

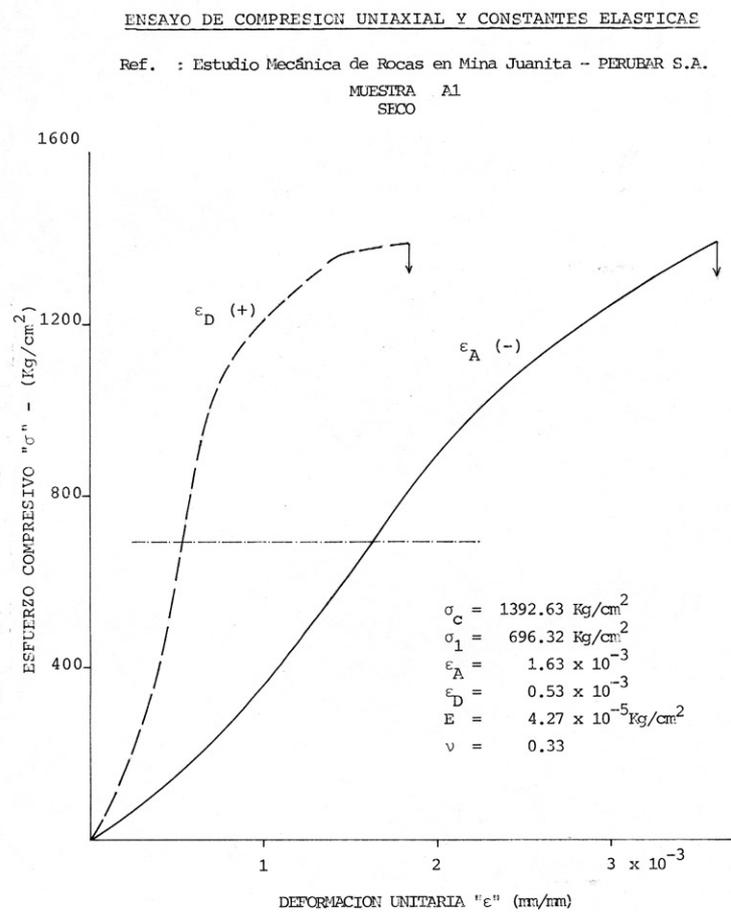
Andesita, proveniente de la mina Juanita, esta muestra se caracteriza por ser de la roca encajonante del cuerpo mineralizado, ubicado en el Nivel 1200.

Cuadro N° 9

ROCA	CARGA DE FALLA	Resistencia a la Tracción "δt"	
	(Kg. f)	(Kg/cm ²)	MPa
Andesita	1030	110.51	10.83
	900	97.13	9.52
	1020	108.80	10.66

En el **Gráfico N° 1**, se puede apreciar los resultados de la Propiedad Mecánica; de la determinación de las Constantes Elásticas, del Modulo de Deformación y/o Elasticidad "E" y la relación de Poisson "ν", pero también en función a estos parámetros podemos calcular los Módulos de Rigidez "G" y de Bulk "K" y la constante de Lamé "λ", de una muestra de roca Andesita, proveniente de la mina Juanita, esta muestra se caracteriza por ser de la roca encajonante del cuerpo mineralizado, ubicado en el Nivel 1207.

Gráfico N° 1



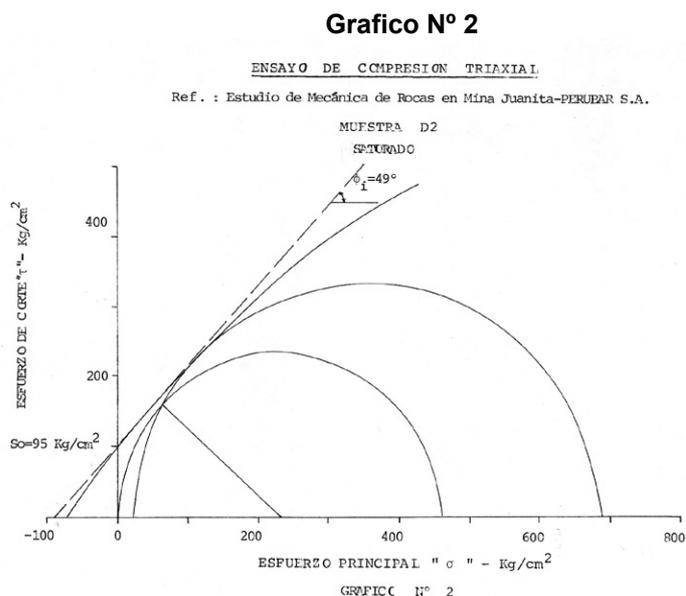
De los resultados del **Grafico N° 1**, se puede deducir que:

El Modulo de Elasticidad "E" = $4.27 \times 10 \text{ Kg/cm}^2$.

La Relación de Poisson "v" = 0.33

La Resistencia Compresiva " δ_c " = 1392.63 Kg/cm^2 .

En el **Grafico N° 2**, se puede apreciar los resultados de la Propiedad Mecánica; para la determinación de la Cohesión "C" y el ángulo de Fricción interna " ϕ ", resultados del ensayo de Compresión Triaxial, este tipo de Ensayo se ejecuto sobre una muestra saturada, para analizar la reacción de la roca en presencia de agua, de una muestra de roca Andesita, proveniente de la mina Juanita, esta muestra se caracteriza por ser de la roca encajonante del cuerpo mineralizado, ubicado en el Nivel 1178.



En el **Cuadro N° 10**, se puede apreciar el resumen del esfuerzo de rotura " δ_1 ", denominado "Esfuerzo Principal Mayor" y la Presión de Confinamiento " δ_3 ", denominado "Esfuerzo Principal Menor", con la finalidad de diseñar la Envolvente de Mohrs, teniendo en consideración además el Esfuerzo a la Tracción Indirecto Brasilero " δ_t ", teniendo en cuenta que los parámetros cuantificados deben realizarse sobre el mismo tipo de roca y muestra rocosa. Calculados en el **Grafico N° 2**, ensayo ejecutado en el Laboratorio del INGEMMET.

Cuadro N° 10

ROCA	ESFUERZO DE ROTURA		PRESION DE CONFINAMIENTO	
	" δ_1 "	Kg/ Cm ²	" δ_3 "	Kg/ cm ²
ANDESITA		407.11		6.6
		692.62		16.0

En el **Cuadro N° 11**, se puede apreciar el resumen del esfuerzo de Normal " δn ", y el Esfuerzo de Corte " T_c ", y el desplazamiento, al momento de ejecutar el ensayo de Corte Directo para determinar la Cohesión " C " y el ángulo de Fricción " ϕ ", Básico y Residual, este ensayo se realizo sobre una muestra rocosa de roca granodiorita, muestra rocosa recopilada de la Bocatoma del Proyecto de CHAVIMOCHIC.

Cuadro N° 11

ESFUERZO NORMAL "δn"		ESFUERZO DE CORTE "T_c"		DESPLAZAMIENTO "μ"
Kg/cm	MPa	Kg/cm	MPa	mm.
8.97	0.88	1.02	0.10	0.05
		2.55	0.25	0.10
		4.08	0.40	0.30
		5.60	0.55	0.50
		6.06	0.59	0.75
		8.50	0.83	1.00
20.43	2.02	2.55	0.25	0.05
		3.20	0.31	0.10
		7.90	0.77	0.30
		9.50	0.93	0.50
		11.25	1.10	0.75
		13.00	1.27	1.00
		15.20	1.49	1.20
30.11	2.95	3.20	0.31	0.05
		5.60	0.55	0.10
		7.90	0.77	0.30
		10.19	1.00	0.50
		15.89	1.56	0.75
		18.50	1.81	1.00
		20.40	2.00	1.20
41.32	4.05	10.19	1.00	0.05
		14.25	1.40	0.10
		18.34	1.80	0.30
		22.92	2.25	0.50
		25.30	2.48	0.75
		28.60	2.80	1.00
		30.01	2.94	1.20

Fuente: Área de Geomecánica de Santa Luisa.

RESUMEN

ESFUERZO NORMAL "δn"		ESFUERZO DE CORTE "T_c"	
Kg/cm	MPa	Kg/cm	MPa
8.97	0.88	8.50	0.83
20.43	2.02	15.20	1.49
30.11	2.95	20.40	2.00
41.32	4.05	30.01	2.94

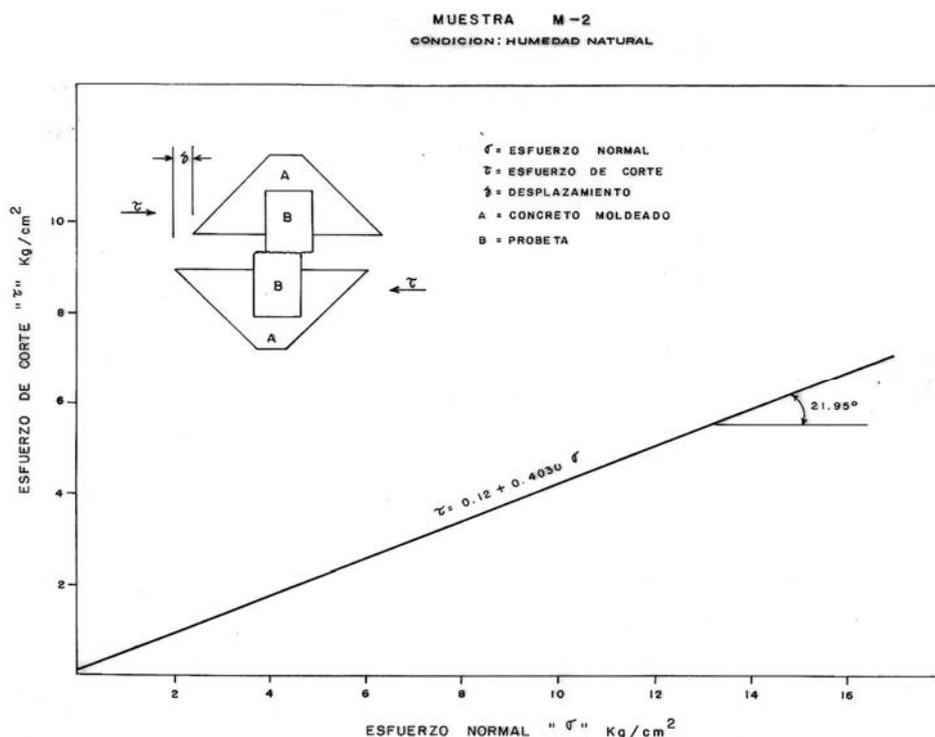
Del resumen se puede calcular los Parámetros de la Cohesión “C” y el Angulo de Fricción interna básica “ ϕ_{ib} ”, ya que no se obtuvo datos para el calculo del ángulo de fricción residual; estos parámetros se cuantificó mediante mínimos cuadrados.

Cohesión “C” = 2.04 Kg/cm²

Angulo de Fricción basica “ ϕ_{ib} ” = 33.02 °

En el Grafico N° 3, se puede apreciar los resultados de la Propiedad Mecánica; para la determinación de la Cohesión “C” y el ángulo de Fricción interna “ ϕ ”, resultados del ensayo de Corte Directo, este tipo de Ensayo se ejecuto sobre una muestra rocosa, en condiciones normales, sobre una roca Andesita, proveniente de la mina Juanita, esta muestra se caracteriza por ser de la roca encajonante del cuerpo mineralizado, ubicado en el Nivel 1200.

Grafico N° 3



3.4.1 Ensayo de resistencia compresiva

Ensayo de resistencia compresión simple:

El propósito de este ensayo es medir la resistencia a compresión de una probeta cilíndrica de roca, sometida a una carga triaxial.

Para realizar el ensayo, hay que disponer de una prensa de capacidad adecuada que permita aplicar la carga sobre la probeta velocidad constante hasta que se produzca la rotura en la misma en un intervalo de tiempo entre 5

y 15 minutos; también la velocidad de carga puede establecerse entre los límites de 0.5 a 1MPa/S.

La resistencia a compresión simple de una probeta se calcula de la siguiente forma:

Resistencia a compresión simple $\sigma_c = P/S$;

Donde:

P: Es la carga máxima a la que ha sido sometido la probeta durante el ensayo.

S: Es el área de la sección transversal de la probeta.

3.4.2 Ensayo triaxial

Se define la compresión triaxial como la producida por la aplicación de tensiones en tres dimensiones perpendiculares entre sí. El objeto de este ensayo es medir la resistencia de probetas cilíndricas de roca en función de la presión de confinamiento.

Se puede realizar tres tipos de ensayo triaxial:

- Ensayo individual
- Ensayo de estado de rotura múltiple
- Ensayo de estado de rotura continua

Para realizar el ensayo de compresión triaxial se requiere un equipo, salvo pequeñas excepciones mencionadas específicamente, será el mismo para los tres tipos de ensayo. Se utilizará una prensa rígida. La probeta se rodea de una membrana impermeable, para evitar que el fluido de confinamiento penetre en la probeta, y se introduce en una célula de compresión triaxial que tiene 2 placas de acero que se colocan en los extremos de la probeta para que la carga de la prensa se aplique sobre la probeta.

En el ensayo Tipo I, que es el más frecuente la envolvente se aproxima matemáticamente mediante expresiones lineales o bolinéales.

De cada ensayo se obtiene el valor de la tensión axial de rotura, que es la tensión principal máxima σ_1 , para una tensión de confinamiento dada, que es la tensión principal mínima σ_3 .

Con los pares de valores σ_1 y σ_3 se dibujan los correspondientes círculos de Mohr, cuyo centro estará sobre el eje de tensiones (eje de abscisas), en el punto $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$; su radio vendrá dado por $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$.

Debido a las heterogeneidades de la roca, el conjunto de círculos no podrá expresarse matemáticamente como una familia de curvas en función de un parámetro. Por este motivo, no existe una envolvente real de los círculos y hay que hacer una aproximación.

3.4.3 Pruebas con martillo schimidt

Ensayos y mediciones en laboratorio

Propiedades Físicas

La determinación de las propiedades físicas se basa en el establecimiento de los pesos y volumen de la probeta de roca y/o mineral, siendo los equipos y accesorios en la mayoría de los casos los de un laboratorio químico y/o metalúrgico. Y están constituidas por:

- Una balanza de precisión en grs.
- Un horno ventilado.
- Vasos de precipitación.
- Lunas de reloj.
- Tenazas de fierro.
- Agua destilada.

PROPIEDADES MECANICAS

MAQUINA DE COMPRESIÓN DE ROCAS

La determinación de las propiedades mecánicas, como es el caso de los ensayos de compresión simple y/ uniaxial, ensayo de tracción indirecta brasilero, ensayo Triaxial, ensayo para la determinación de constantes elásticas, son ejecutados en la Maquina de Compresión de Rocas, con la finalidad de determinar las características de deformabilidad y de rotura de la roca y/o mineral, en compresión.

En la Foto 1 adjunta se aprecia a la máquina de compresión de rocas, consta de tres partes importantes al lado derecho un tablero de control de carga; caracterizada por su capacidad de carga en este caso la maquina tiene una capacidad de 100 Tn. métricas, en el centro se ubica la parte de la maquina donde se ejecutan los ensayos, caracterizado por dos columnas con roscado sin fin y un puente con sus respectivos platos para ejecutar el ensayo y en la parte izquierda se encuentra un tablero donde se encuentra los manómetros y llaves para ejecutar el ensayo Triaxial, con su respectivo compresor, esta máquina se caracteriza por ser alimentada por corriente eléctrica trifásica.



Foto N°1. Máquina de compresión

Maquina de corte directo

En esta máquina portátil se ejecuta el ensayo de corte directo sobre discontinuidades, cuyo objetivo es la determinación de los parámetros friccionantes: Cohesión “C” y ángulo de fricción “ ϕ ” básica y residual.

En la Foto se puede apreciar la máquina de corte directo, constituida por dos gatas hidráulicas, una caja metálica para los moldes de concreto, con sus respectivos accesorios.

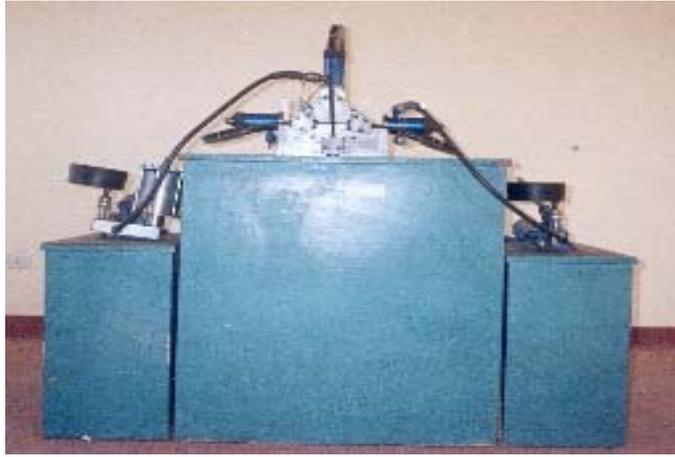


Foto N° 2. Máquina de corte directo

Maquina de carga puntual

Esta Maquina portátil se caracteriza por ser una pequeña prensa hidráulica provista de “conos de carga” entre cuyos vértices se colocan probetas de roca y/o mineral, sometiéndolas a cargas compresivas, según la disposición de la probeta entre conos se mide ya sea el índice Franklin o el índice Louis, éstos asisten al ingeniero en la caracterización de la resistencia mecánica y comportamiento más probable de la roca, puesto que pueden ser correlacionados experimentalmente a la resistencia compresiva uniaxial y a la resistencia a la tracción.

En la Foto N° 3 se puede apreciar la maquina portátil de carga puntual, cuyos componentes son: la gata hidráulica, un manómetro de lectura de carga en lbs, un ajustador de la probeta.



Foto N°3. Máquina puntual

Resistencia a la compresión con MARTILLO SCHMITH

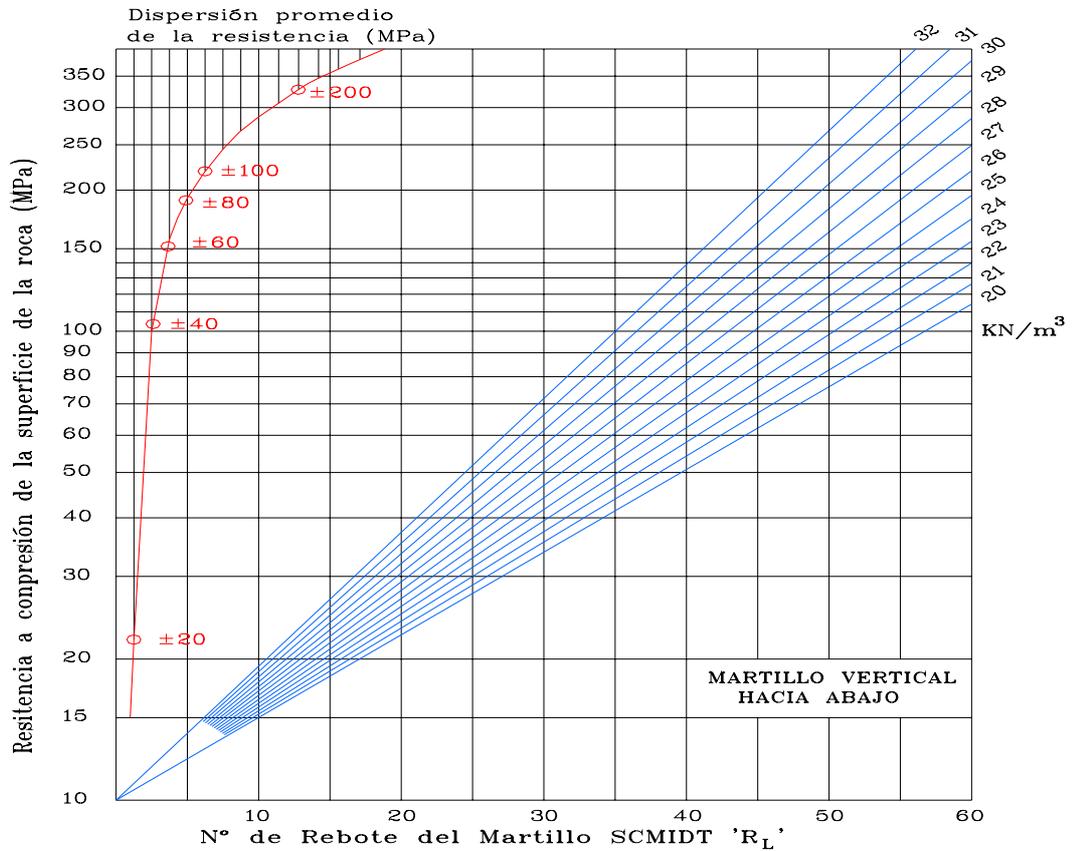


Figura N° 8

Como todo instrumento de medición; existen diferentes tipos de Martillo, según los fines y objetivos que se planifica.

El martillo tipo "L" es el que se adecua a la aplicación de la Mecánica de Rocas, para los efectos de los trabajos se dispone de una fórmula que lo relaciona con el Martillo tipo "N"; en cuanto se refiere al número de rebote "R"

$$RL = -3.4 + (0.83 RN) + (0.00295 RN^2)$$

Donde:

RL = Número de rebote en el martillo tipo "L"

RN = Número de rebote en el martillo tipo "N"

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Con el Martillo Schmidt de Dureza, se determina la cantidad de rebotes necesarios para un mejor análisis, considerando que a mayor cantidad de ensayos mayor será el grado de confiabilidad en los resultados “t” Student, en diferentes posiciones, en un mismo tipo de roca, tomando en cuenta la longitud ensayada o el área; procediéndose además a recolectar una muestra de la roca ensayada.

A continuación se presenta una tabla para la corrección por la posición del martillo Schmidt de Dureza, al momento de realizarse el ensayo, considerando que para los cálculos en gabinete se debe corregir sobre cada uno de los rebotes ejecutados:

REBOTE “R”	HACIA ABAJO		HACIA ARRIBA		HORIZONTAL
	$\alpha = - 90^\circ$	$\alpha = - 45^\circ$	$\alpha = + 90^\circ$	$\alpha = + 45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	- 0.8	-	-	- 3.2
20	0	- 0.9	- 8.8	- 6.9	- 3.4
30	0	- 0.8	- 7.8	- 6.2	- 3.1
40	0	- 0.7	- 6.6	- 5.3	- 2.7
50	0	- 0.6	- 5.3	- 4.3	- 2.2
60	0	- 0.4	- 4.0	- 3.3	- 1.7

Cuadro N° 12

TRABAJO DE GABINETE

Para el cálculo de la estimación de la resistencia compresiva se debe tomar en cuenta los estándares del ISRM (Society International For Rock Mechanic’s), considerando el Número de rebote, definido como: “ La media aritmética de los 5 valores o índices más altos de todos los ensayos ejecutados con el Martillo Schmidt de Dureza” y aplicando la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Log } \bar{\sigma}_c = 0.00088\gamma R + 1.01$$

Donde:

$\bar{\sigma}_c$ = Resistencia Compresiva de la roca en MPa.

γ = Densidad de la roca en KN/m³.

R = Rebote del Martillo tipo “L”.

Propiedades Físicas de rocas Huanzal 01

TIPO DE ROCA	P.E.a. KN/m ³	P.a. %	Absorcion %
Caliza	25.00	4.62	1.81
Arenisca	25.38	0.93	0.36
Cuarcita	25.91	2.04	0.78
Pirita	42.77	3.24	0.74
Mineral-Zn	36.30	4.45	1.21

Propiedades Mecánicas de rocas Huanzalá 02

TIPO DE ROCA	δ_c Kg/cm ²
Caliza Negra	1654.84
Mineral	2135.98

TIPO DE ROCA	δ_t Kg/cm ²	Constantes Elásticas		Corte Directo	
		"E" Kg/cm ²	"v"	"C" Kg/cm ²	" Φ_i " °
Caliza	165.484	2.81x10 ⁵	0.15	0.80	31.50
Mineral Pb	213.59	.....	.....	.....	.....

TIPO DE ROCA	Constantes Elásticas		δ_t Kg/cm ²	R (Rebote)
	"E" Kg/cm ²	"v"		
Caliza	2.13 x 10 ⁵	0.25	61.79	....
Arenisca	2.85 x 10 ⁵	0.19	15.90	....
Cuarcita	2.59 x 10 ⁵	0.24	84.50	....
Pirita	1.44 x 10 ⁵	0.28	30.71	....
Mineral Zn	3.12 x 10 ⁵	0.22	52.55	17.56

TIPO DE ROCA	Densidad gr/cm ³
Caliza Negra	2.67
Mineral	4.10

Cuadro N° 13

En el Cuadro siguiente, se puede apreciar el resumen del esfuerzo de Normal " δ_n ", y el Esfuerzo de Corte " T_c ", y el desplazamiento, al momento de ejecutar el ensayo de Corte Directo para determinar la Cohesión " C " y el ángulo de Fricción " ϕ_i ", Básico y Residual, este ensayo se realizo sobre una muestra rocosa de roca Caliza negra, muestra rocosa representativa de Santa Luisa recopilada de las diferentes labores de la mina.

ESFUERZO NORMAL " δ_n "		ESFUERZO DE CORTE " T_c "	
Kg/cm	MPa	Kg/cm	MPa
8.97	0.88	8.50	0.83
20.43	2.02	15.20	1.49
30.11	2.95	20.40	2.00
41.32	4.05	30.01	2.94

Cuadro N° 14

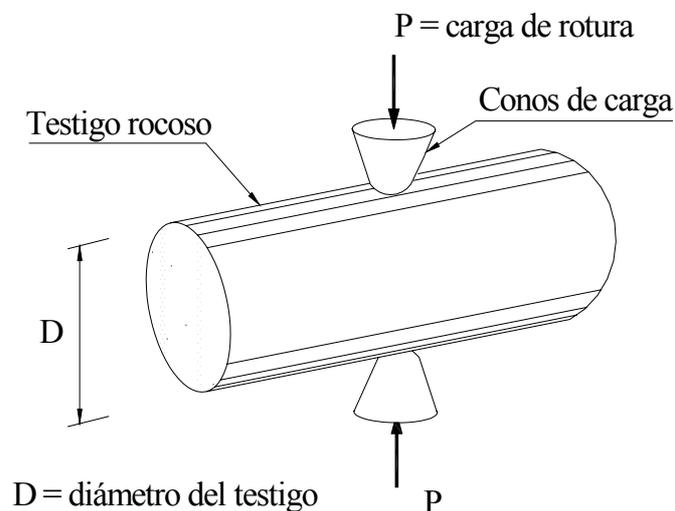
3.4.4 ENSAYO DE CARGA PUNTUAL:

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia a compresión simple de la roca de una forma muy simple, pudiendo realizarse en el campo.

En este ensayo se rompe trozos de testigo o rocas de forma irregular aplicando la carga entre dos piezas cónicas con puntas esféricas.



Foto N° 4. Máquina de ensayo de carga puntual.



La roca se rompe a tracción, el método es fiable para valores de la compresión uniaxial comprendidos entre 30 y 100MPa.

En cada ensayo se coloca un trozo de roca entre las dos puntas cónicas, que se aproxima hasta tocar el trozo de roca, se anota en ese instante la distancia

D entre las puntas cónicas. A continuación se aumenta la carga hasta rotura, registrándose la carga última P.

Cuando se utiliza testigos, los resultados del ensayo se expresan mediante el **índice de resistencia** bajo carga puntual I_s , definido por:

$$I_s = P / D^2$$

I_s : Índice de resistencia bajo carga puntual.

P: Carga última de rotura

D: Diámetro del testigo o la distancia de separación inicial entre las puntas cónicas.

Para clasificar las rocas deben utilizarse el Índice correspondiente a un diámetro de testigo de 50mm, $I_{s(50)}$. Este índice se obtiene a partir de los índices I_s determinados para otros diámetros corregidos con el ábaco recogido en la norma UNE de este ensayo.

La resistencia a compresión simple estimada será aproximadamente:

$$\sigma_c = 24 \times I_{s(50)} \text{ en MPa.}$$

Cuando el ensayo se realiza sobre muestras irregulares se calcula el área de la sección cargada mediante:

$$A = D \times L(\text{mm}^2)$$

Donde L es la dimensión lateral de la muestra.

El Índice de carga puntual $T_{(500)}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_{(500)} = 211.5 \times P / A^{0.75}$$

La resistencia a compresión uniaxial será:

$$\sigma_c = 12.5 \times T_{(500)} \text{ en (MPa)}$$

COMENTARIOS DE LA PRUEBA DE LABORATORIO:

1.- La prueba que se realizó es del ensayo de carga puntual.

- 2.- Los tipos de roca son caliza y cuarcita, rocas más representativas de la mina Santa Luisa. Especialmente en el estéril. Para labores de acceso, rampas, bay pass, tajeos, cruceros, con fines de preparación, desarrollo.
- 3.- El índice da carga puntual para la caliza es 8.46 y su resistencia a la compresión simple de la caliza es de 157 MPa.
- 4.- El índice da carga puntual para la cuarcita es 7.51 y su resistencia a la compresión simple de la cuarcita es de 142 MPa.
- 5.- El dato que se va usar para los mapeos geomecánicos RMR de Bieniawski son la resistencia a la compresión simple.
- 6.- Según la clasificación de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas basada en la resistencia de las rocas, la caliza pertenece a **resistencia alta** de igual manera la cuarcita.

3.5 Determinación y aplicación del soporte de rocas

Se denomina soporte al conjunto de elementos que se instalan durante la construcción de una labor subterránea, con el fin de compensar los desequilibrios de los esfuerzos provocados por dicha excavación, cuyo objetivo:

- Proteger al personal y equipos.
- Asegurar la estabilidad de la excavación.

En el sostenimiento de labores de explotación, se ha elaborado el diseño del soporte temporal para las áreas en la que se aplicará en el sistema de minado de Corte y Relleno Ascendente, Cámaras y Pilares, debiéndose adecuar sostenimientos específicos en otros tipos de minado a utilizarse.

En el diseño de este soporte, es muy importante tomar en cuenta el tiempo máximo de abertura, antes del inicio de aflojamiento de la roca, en el techo y pilares según su clasificación geomecánica.

Sistema de Sostenimiento Utilizado

- Pernos helicoidales cementados y cable bolting
- Concreto lanzado: shotcrete vía seca y vía húmeda.
- Malla metálica

El tipo de sostenimiento que más se utiliza en la mina Huanzalá son los pernos sistemáticos de anclaje (barras helicoidales) debido a su mayor capacidad de

soporte y el resto de tipos de sostenimiento en menor escala. El sostenimiento de la malla metálica cuando la roca de la caja techo se presenta fracturada y meteorizada con presencia de fallas y panizo; en estos casos es necesario utilizar como sostenimiento adicional concreto lanzado.

3.5.1 Pernos helicoidales cementados y cable bolting

Pernos helicoidales cementados.

En la Mina Huanzalá se utilizan pernos o barras helicoidales de aceros Arequipa S.A. para el anclaje de rocas.

a) Principios y acción:

- Permite el soporte de bloques cuñas de rocas inestables de tamaños grandes y medianos
- Interactúan con la masa rocosa a través de la columna de pasta de cemento.

b) Materiales:

Barras Helicoidales Nuevas:

Barras helicoidales de 2.25 m y 3.0 m de longitud de $\frac{3}{4}$ " ϕ (19 mm), fabricado por Aceros Arequipa S.A. bajo las normas ASTM A615 Grado 75 tienen una resistencia a la tracción mínima de 7030 Kg/cm² y una capacidad de soporte de 20 tn.

Barras Helicoidales Rehusadas:

Barras helicoidales de Aceros Arequipa S.A. re-usadas (recalentadas y enderezadas), tienen resistencia a la tracción menor a 7030 Kg/cm² y una capacidad de soporte menor a 20 tn.

Platinas o Arandelas:

Las placas o platinas serán de sección cuadrada fabricada de planchas laminadas.

Mortero (lechada):

La inyección de la pasta de cemento ($a/c=0.28$ a 0.35) debe procurar embeber la totalidad de la barra, de esta manera aseguramos:

- La interacción masa rocosa – perno
- Que la varilla de acero no se oxide.

c) Distribución:

Espaciamiento: El espaciamiento entre pernos deberá ser instalado de manera sistemática con espaciamiento regular o puntual según el tipo de roca.

Orientación: La orientación de los pernos deberá ser instalado de manera radial cruzando los estratos de tal manera que intercepte al buzamiento de los estratos (no debe instalarse paralelo a los estratos), **ver cuadro 07.**

d) Instalación:

- Las perforaciones para la instalación tendrán como mínimo una longitud de L-10 cm, donde L es la longitud total del perno
- Después de inyectar la lechada se procede a colocará el perno. Una vez que el mortero a fraguado las 8 horas como mínimo, se podrá colocar la arandela y tuerca ajustando firmemente (con llave).

e) Control de calidad:

- Cada perno instalado deberá superar las 15 tn cuando se realice pruebas de arranque (en la minería subterránea).
- En varias pruebas de arranque a pernos helicoidales con lechada de cemento se ha comprobado que todos lo pernos alcanzan una resistencia a la tracción mayor de 20 tn (superando ampliamente el mínimo requerido).

Resultado de pruebas de tracción realizadas 23/04/2007:

4	E 1640 V1PB 307 AM	B	III-A	Helicoidal	2.25	19	38	Lechada Cemento	24 hrs	19	2	EL PERNO NO CEDIO
16	R 460 V3 52 AZ	C	III-A	Helicoidal	2.25	19	36	Lechada Cemento	48 hrs	20	2	EL PERNO NO CEDIO
17	R 460 V3 52 AZ	C	III-A	Helicoidal	2.25	19	38	Lechada Cemento	48 hrs	21	3	EL PERNO NO CEDIO
22	E -2450 V1PB 2 NA	C	III-B	Helicoidal	2.25	19	45	Lechada Cemento	48 hrs	20	2	EL PERNO NO CEDIO
23	P 2800 V3 159 RO	A	III-B	Helicoidal	2.25	19	38	Lechada Cemento	1 hrs	0.80	2	EL PERNO NO CEDIO
24	P 2800 V3 159 RO	A	III-B	Helicoidal	2.25	19	38	Lechada Cemento	1 hrs	1.20	3	EL PERNO NO CEDIO
27	P 2800 V3 159 RO	A	III-B	Helicoidal	2.25	19	38	Lechada Cemento	1 hrs	0.80	3	EL PERNO NO CEDIO

Cuadro N° 15

Cuadro N° 16 – Orientación de pernos según buzamiento de estratos.

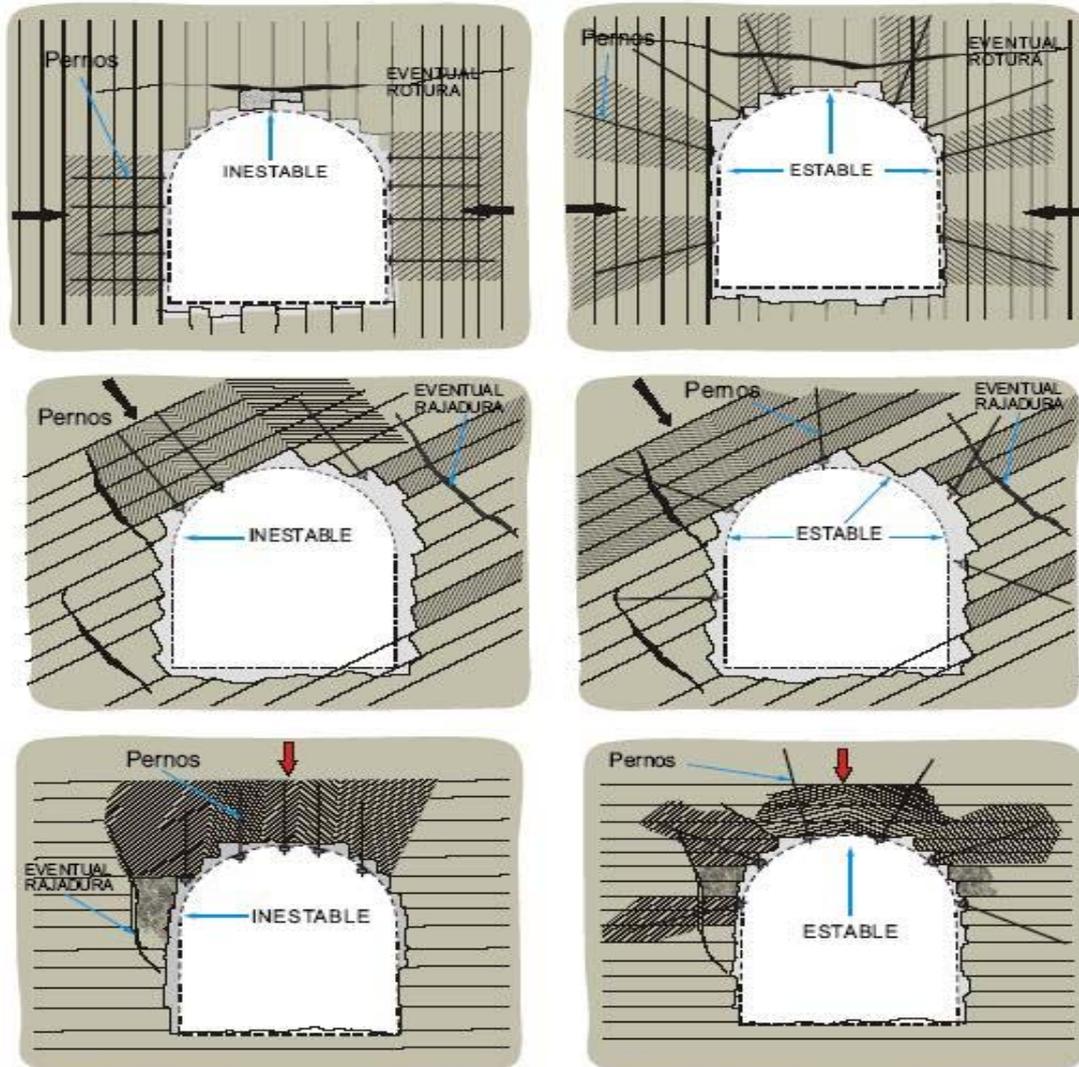




Foto N°5. Se observa la máquina Robolt colocando pernos cementados aprox.de 60 pernos/guardia



Foto N°6. Se observa una labor en interior mina sostenida con pernos cementados

Cable Bolting

Aparte de su fabricación y capacidad de carga, no hay diferencias significativas entre los pernos de varilla cementados y los cables inyectados con pasta de cemento. En ellos rigen los mismos principios de funcionamiento, en el caso de los cables hay que adicionar a la acción del refuerzo, la acción de sujeción de los bloques rocosos sueltos, sin embargo, en el caso de pequeños bloques rocosos sueltos, los cables son inefectivos, siendo necesario complementar el sostenimiento con pernos de roca y/o malla y/o concreto lanzado (shotcrete).

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. El cable comúnmente usado en Santa Luisa es el denominado "trenzado simple" conformado por 6 alambres, que en conjunto tienen 1/2" de diámetro, con una capacidad de anclaje de 25 Ton. Pueden ser usados en cualquier longitud, en el rango de 5 a 20 m, ya sea en la modalidad de cable simple o doble. Desde luego hay una gran variedad de cables, destacando en la industria minera aparte del indicado, los cables destrenzados y los cables bulbados, para mejorar la adherencia del cable con el cemento.

Las siguientes consideraciones son importantes para su utilización:

- Son utilizados en condiciones de rocas duras, moderadamente fracturadas o fracturadas, que presenten bloques grandes a medianos, con RMR mayor o igual a 40 o cuando se quiere asegurar una franja de roca débil entre dos franjas de roca competente.
- Son instalados predominantemente en forma no tensionada para el sostenimiento temporal en tajeos y también para el sostenimiento permanente de ciertas estructuras rocosas asociadas al minado. También se puede utilizar como pre-reforzamiento antes del minado de un tajeo.
- Instalados correctamente constituyen un sistema de reforzamiento competente y durable. Pueden ser instalados en áreas estrechas.
- Se requiere varios días de tiempo de fraguado (curado) antes que

los cables puedan trabajar a capacidad completa. Es dificultoso chequear y mantener constante la calidad de la pasta de cemento y de la inyección de la misma.

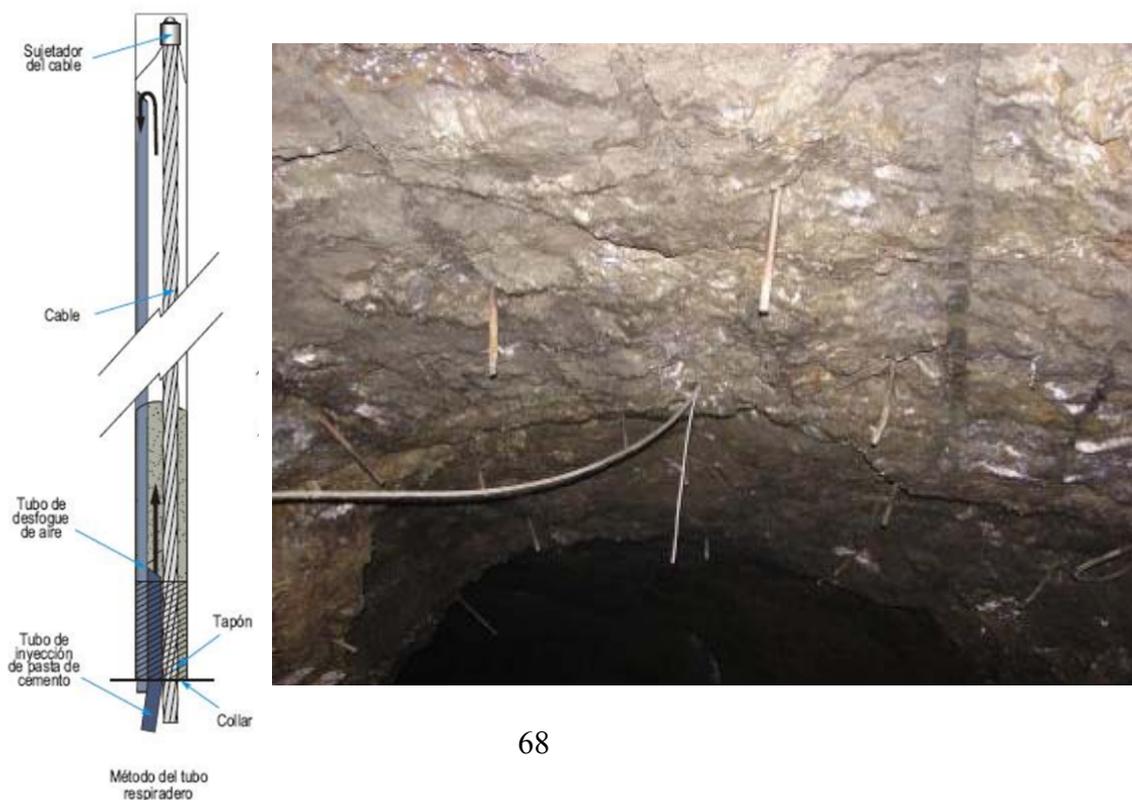
- No puede ser utilizada en taladros con presencia de agua. Es un sistema de sostenimiento relativamente barato.
- Es sumamente importante en este sistema de reforzamiento, para su efectividad completa, utilizar estándares apropiados en relación a los materiales, quipos, herramientas y personal idóneo.

Método de instalación del cable bolting:

El método usado en Minera Santa Luisa, es el del tubo respiradero.

Éste es el método tradicional para instalar cables de trenzado simple en taladros ascendentes. La pasta de cemento, que tiene usualmente una relación agua/cemento alrededor de 0.4, es inyectada en el taladro a través de un tubo de $\frac{3}{4}$ " de diámetro o más, colocado en el collar del taladro. El aire desfoga a través de otro tubo de diámetro pequeño ($\frac{1}{2}$ "), el cual se extiende hacia el fondo del taladro, encintado al cable. Tanto los tubos como el cable son sellados en el collar del taladro por medio de un tapón de hilachas de algodón o un mortero de fraguado rápido. La dirección del recorrido de la pasta de cemento es hacia arriba en el taladro. Cuando la pasta de cemento retorne por el tubo respiradero, la inyección habrá sido completada.

Foto N° 7



Cálculo de Longitud de Pernos:

Mediante la ecuación de Barton (1980) sobre el cálculo de la longitud de los pernos se tiene lo siguiente. La longitud L de los pernos de roca pueden estimarse a partir del ancho de excavación de la labor B y la Relación de Sostenimiento de la Excavación ESR:

$$L = 2 + \frac{0.15B}{ESR}$$

Utilizando esta relación, ha sido posible obtener que la longitud recomendada es utilizar pernos es de 2.2 m para un ancho de labor B=4.5 m, un factor ESR=4, y para una sección estándar de labor de 4.5m de ancho y 4.0 m de alto. En compañía Minera Santa Luisa en la actualidad se viene utilizando pernos helicoidales cementados de 2.25 m de longitud con lo cual se determina que la longitud de los pernos que se utilizan están de acuerdo a los cálculos de mecánica de rocas.

Cálculo de Capacidad de Soporte del Perno Helicoidal cementado:

La resistencia a la tracción mínima de las Barras Helicoidales de Aceros Arequipa S.A. están fabricadas bajo la norma ASTM A615 Grado 75.

La capacidad de soporte de un acero se determina por la siguiente ecuación.

$$P = R_c \times S$$

$$S = \pi \times d^2 / 4$$

Donde:

P = Capacidad de apoyo del perno (Kg.)

R_c = Resistencia a la tracción mínima del perno = 7030 Kg/cm².

S = Área del perno (cm²)

d = Diámetro del perno

(cm) Entonces, tenemos:

Cálculo de soporte con perno helicoidal de $\phi=3/4"$ (d=1.9cm, r= 0.95 cm).

$$S = \pi \times r^2 = 3.1415 (0.95 \text{ cm})^2 = 2.83 \text{ cm}^2$$

$$P = R_c \times S = (7030 \text{ kg/cm}^2) (2.83 \text{ cm}^2) = 19895 \text{ kg} = 19.9 \text{ tn.}$$

Capacidad de apoyo del perno, P = 19.9 tn

Condición Estructural de la Roca:

Las cuñas son formadas por la intersección de planos estructurales, así como:

planos de estratificación y por sistemas de discontinuidades, los cuales separan a la masa rocosa en piezas. Para calcular los parámetros geométricos de un bloque suspendido, se efectúa por el “*Método de Suspensión de Estratos*”:

Para el soporte de una zona potencialmente inestable en terreno estratificado laminar, el anclaje deberá colocarse por encima de la zona inestable. Si se asume que el peso de la roca de la zona inestable (estrato suspendido) es soportada completamente por la fuerza desarrollada por los pernos, entonces.

$$T = \gamma \cdot h \cdot S^2$$

Donde,

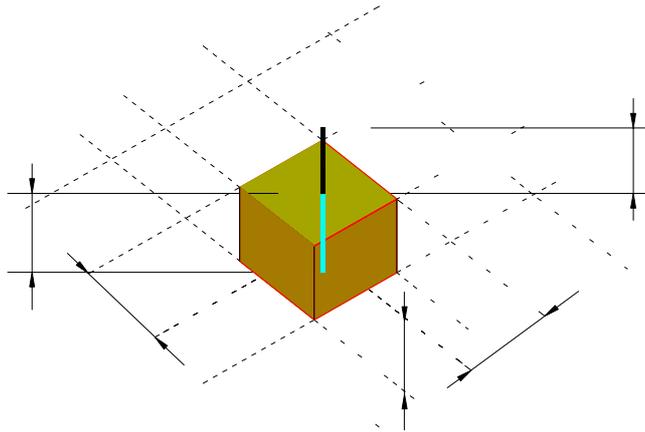
T = Peso del block muerto

γ = Peso unitario de la roca (3.7 tn/m³)

h = Potencia de la zona inestable (1.5 m)

S = Espaciamiento entre pernos dirección longitudinal y transversal (1.5m x 1.5m)

Longitud de perno
en estrato suspendido



ESTRATO SUSPENDIDO DE ALTURA "h" SIENDO SOSTENIDO POR UN PERNO ESPACIADO A UNA MALLA "SXS"

El factor de seguridad FS se calcula de la siguiente manera:

Donde,

$$FS = P/T$$

P= Capacidad de apoyo del perno

T= Peso del block muerto

FS= Factor de seguridad

Entonces, tenemos:

$$T = 3.7 \text{ tn/m}^3 \times 1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$$

$$M = 12.5 \text{ tn}$$

Peso del block muerto, T = 12.5 tn

$$FS = 19.9 \text{ tn}/12.5 \text{ tn} = 1.59$$

Factor de seguridad, FS = 1.6

El factor de seguridad de 1.6 de las barras helicoidales De 2.25 m. de longitud de 19 mm de diámetro de aceros Arequipa S.A. Indica que está de acuerdo con los requisitos de los mínimos factores de seguridad para labores de la Minería subterránea.

3.5.2 Concreto lanzado shotcrete vía seca y vía húmeda

El objeto del concreto lanzado es ayudar a que la masa rocosa alrededor de una labor minera subterránea en roca de insuficiente calidad sea reforzada adecuadamente para mejorar las propiedades de la masa rocosa.

El sostenimiento adecuado para el control de estabilidad en las labores mineras en rocas de baja calidad consiste generalmente en la aplicación sistemas combinados de sostenimiento que pueden estar conformadas por: concreto lanzado, pernos de anclaje, cables y malla metálica.

El concreto lanzado tiene los siguientes objetivos:

1. Obtener una shotcrete de buena calidad
2. Utilizar una adecuada técnica de optimización de las actividades
3. Obtener bajos costos por metro cuadrado de shotcrete
4. Cubrir con la demanda de shotcrete en las diferentes labores.

En compañía Minera Santa Luisa viene utilizando el sistema de lanzado de concreto (shotcrete) por Vía Seca y ha implantado el sistema de lanzado de concreto por el sistema Vía Húmeda para el revestimiento de las diferentes labores de interior mina.

Las principales componentes de los materiales que debe poseer el concreto lanzado para la Mina Huanzalá para obtener una resistencia compresiva de 25 Mpa mediante el sistema vía húmeda y vía seca son:

DISEÑO DE MEZCLA TIPICA

El cálculo de diseño de mezcla típica que debe obtenerse para lanzado de shotcrete por vía seca y por vía húmeda tiene las siguientes características del cuadro que a continuación presentamos.

DISEÑO DE MEZCLA PARA SHOTCRETE

Por Metro Cúbico de Concreto

10 Bolsas
0,5 Relación Agua/Cemento
2,50% Respecto al peso del cemento

Pesos Específicos de los Materiales

Item	Kg/m ³	Producto
Cemento	3100	Andino tipo V
Agua	1000	Corriente
Aditivo acelerante	1500	Gunitoc L 33
Arena	2590	Cantera
Fibra de acero	7850	Drámix

Cálculo de Volumen de los Materiales

Item	Peso (kgs)	Volumen (m ³)
Cemento	425,0	0,1371
Agua	212,5	0,2125
Aditivo acelerante	10,6	0,0071
Arena	1578,6	0,6095
Fibra de acero	30,0	0,0038
Aire		0,0300
Volumen total		1,0000

Cálculo de Materiales en Terreno

Cálculo de Aditivo		
Aditivo Acelerante:	1,87 Gls	
	7,1 Lts	
Cálculo Volumen de Arena		
Volumen requerido (m ³)		0,6095
Peso unitario suelto (kg/m ³)		1505
Volumen de agregado suelto (m ³)		1,72
Pies cubicos de arena (pie ³ /m ³)		37,04
Tandas por metro cubico (bls cem/m ³)		10
Pies cubicos por tanda (pie ³ /bls cem)		3,70
Número lampadas por pie cubico		6
Número lampadas por tanda		22,2
<i>Nota: 1 tanda de arena es para 1 bolsa de cemento</i>		

Cuadro N° 17

COMPARACION DE MEZCLA VIA SECA Vs MEZCLA VÍA HUMEDA

A continuación se resume las cantidades o proporciones de los materiales por tanda de mezcla para una bolsa de cemento (1 m³ tiene 10 tandas). Para el Diseño de Mezcla Típica. Se hará también comparación las proporciones de la mezcla típica con las proporciones de mezcla de las pruebas que se ha realizado con el sistema vía húmeda.

Diseño de Mezcla Típica:

El siguiente cuadro resume las proporciones de materiales para la mezcla de una tanda (materiales en proporción para una bolsa de cemento) según el Diseño de mezcla típica. Este cuadro es aplicable tanto para el sistema vía húmeda y vía seca.

Cuadro: Resumen de Proporciones de MEZCLA TIPICA

MATERIALES	PREPARACION MEZCLA	
	Mezcla 01 Tanda	Mezcla 01 m3
Cemento	1 bls	10 bls
arena	22 palas	220 palas
fibra de acero	3 kgs	30 kgs
agua	21 lts	210 lts
Aditivo Gunitoc L-33 (2,5%)		2 gls

Nota: 01 m3 de mezcla tiene 10 tandas (para fines de medición)

Cuadro N° 18

Dosificación de Mezcla Obtenida Mediante el Sistema Vía Húmeda

Los días 21-10-06 y 22-11-06 se ha efectuado varias pruebas mediante el sistema vía húmeda con la finalidad de ajustar a la dosificación recomendada de la mezcla Típica.

En el siguiente cuadro se resume la dosificación de la mezcla (proporciones de materiales) que se ha obtenido con la máquina shotcretera vía húmeda, ello luego de realizar varias pruebas con distintas dosificaciones y repeticiones de mezclado y lanzado de shotcrete.

Cuadro: Resumen de Proporciones de MEZCLA VIA HUMEDA

MATERIALES	PREPARACION MEZCLA	
	Mezcla 01 Tanda	Mezcla 01 m3
Cemento	1 bls	10 bls
arena	20 palas	200 palas
fibra de acero	2 kgs	20 kgs
agua	30 lts	300 lts
Aditivo Gunitoc L-33 (2,5%)		2 gls

Nota: 01 m3 de mezcla tiene 10 tandas (para fines de medición)

Cuadro N° 19

En el cuadro anterior de Mezcla por el Sistema Vía Húmeda se puede observar se ha utilizado un promedio de 300 litros de agua por m³ (30 litros de agua por tanda de una bolsa de cemento), debiendo ser solamente de 213 litros por m³ que es lo que recomienda el diseño de Mezcla Típica, por lo cual se tendrá que seguir reduciendo la cantidad de agua hasta ajustar a la recomendada con el fin obtener una buena resistencia compresiva del concreto lanzado.

PROCESO APLICATIVO DEL CONCRETO LANZADO VIA HUMEDA

Una vez dispuesto todos los materiales y equipos en la labor sostener con concreto lanzado por el sistema vía húmeda se sigue los siguientes pasos:

1. Preparar los materiales para una tanda de mezclado (para una bolsa de cemento).

- Arena de granulometría adecuada
 - Cemento Andino (Pórtland)
 - Fibra de acero
 - Agua limpia
2. Batido de los materiales con la mezcladora: arena, cemento, agua y fibra de acero
 3. Vaciado y alimentación de la mezcla a la tolva de la shotcretera vía húmeda.
 4. Lanzado de shotcrete mediante la pitonera a la pared de roca a fortificar

TIEMPO DE CICLOS DE TRABAJO DEL SISTEMA VIA HÚMEDA.

Tiempos Directos

Durante los días 21-03-07 y 22-04-07 en la zona de Huanzalá Principal, en la Rampa P 100 (+) de la Zona C, se ha efectuado un monitoreo de control de tiempos de ciclos de las principales actividades del proceso de shotcreteo. El día 21-07-06 se realiza varios ciclos de pruebas con el fin de ajustar y estandarizar la dosificación de los diferentes materiales de la mezcla y e instruir y acostumbrar al personal al uso de los equipos con el nuevo sistema. El día 22-05-07 se logra normalizar los tiempos de los ciclos de lanzamiento de shotcrete, los mismos que serán considerados para fines de cálculo.

Estos tiempos han sido controlados por el Ingeniero Danny Uturnco del Área de Planeamiento Mina. El ciclo por tanda ha comprendido las siguientes actividades:

Actividades del Ciclo de Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda

- Tiempo de preparación de materiales para mezclado
- Tiempo de batido de los materiales por la mezcladora
- Tiempo de lanzamiento del shotcrete a la pared de roca

El tiempo promedio optimizado que se ha utilizado para lanzar una tanda de shotcrete (mezcla para una bolsa de cemento) es de **3.4 minutos/tanda**. Por lo tanto, el tiempo promedio empleado para lanzar un metro cúbico de mezcla (10 tandas) es 34 minutos, con lo que se puede concluir que este tiempo es mucho menor al tiempo que emplea una shotcretera por el sistema vía seca.

Tiempos Indirectos

Estos tiempos indirectos son muy variables y determinantes para los avances de los trabajos de lanzamiento del shotcrete en una determinada labor. Estas dependen principalmente de la distancia de traslado de los materiales y equipos de una labor a otra labor, como también depende del apoyo que brinde Mina para facilitar el traslado de estos, así mismo de brindar las instalaciones necesarias.

Generalmente estos tiempos son mucho mayor a comparación de los tiempos directos, las mismas que generan demoras y retrasos por hasta varias horas evitando que se pueda dar por inicio a los trabajos de shotcrete. Se debe indicar que en caso de faltar algún material, alguna instalación o se presenta alguna falla de uno de los equipos, no se podrá dar inicio al trabajo de shotcreteo propiamente dicho.

Entre los principales tiempos indirectos del lanzamiento de shotcrete podemos mencionar los siguientes:

Tiempos de movilización y desmovilización de equipos

- Traslado de shotcretera
- Traslado de mezcladora
- Traslado de compresora
- Traslado de herramientas

Tiempos de uso de suministros de materiales e instalaciones de servicios.

- Instalación de energía eléctrica y agua
- Instalación de compresora
- Ubicación e instalación de equipos
- Ingreso de materiales (arena, shotcrete, cemento, etc.)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA VIA HUMEDA Vs VIA SECA

El uso del sistema de concreto lanzado vía húmeda tiene más ventajas que desventajas a comparación del sistema de lanzamiento vía seca. Entre las más principales podemos indicar los siguientes.

Ventajas:

1. Control con mayor precisión de la dosificación (cantidades) de los materiales componentes de mezcla del shotcrete.
2. Mezclado homogéneo y parejo de los componentes del concreto lanzado (arena, cemento, fibra de acero, aditivo y agua).
3. Menor tiempo de lanzado de shotcrete. Por el sistema vía húmeda el lanzado de 1 m³ es en promedio 35 minutos, mientras que el tiempo de lanzado para 1 m³ de mezcla por el sistema vía seca es entre 45 y 50 (no considera fallas de equipos).
4. Reducción considerable del porcentaje de rechazo. Al medir el rebote o rechazo se durante las pruebas se obtuvo un 15% de rebote, mientras que con el sistema de shotcrete vía seca se obtiene un rebote mayor al 20%.
5. Reducción de polución (polvo) de manera muy notable. Del 100% que se genera con el sistema vía seca, con el sistema vía húmeda se genera una polución menor al 20%.

Desventajas:

6. La única desventaja es el proceso de preparación de materiales por tandas que es efectuada de manera repetitiva (en una tanda se debe hacer batido con la mezcladora y proyectar los materiales de mezcla para cada bolsa de cemento).

RESUMEN DEL SISTEMA DE SHOTCRETE VIA SECA Y VIA HUMEDA

1. El sistema de lanzado de shotcrete por el sistema VIA SECA, además de una comparación de costos en relación al sistema vía húmeda, ha sido tocado detalladamente en el informe “Análisis Crítico y Vías de Optimización del Shotcrete” presentada el 06/05/06 mediante el Memorando N° 068-2006, por lo cual no ha sido tratado en el presente informe.
2. En los sistemas vía húmeda y vía seca los tiempos indirectos son los tiempos en donde se generan varias demoras y retrasos, siendo estas muy variables por depender del apoyo de mina y otras áreas.
3. Los tiempos de lanzado de shotcrete por los sistemas de VIA HUMEDA es en promedio de 35 min/m³, mientras que el tiempo de lanzado por el

sistema VIA SECA es de 45 a 50 min/m³ (no considera fallas de equipos u otros retrasos), los cuales son muchos menores a los tiempos indirectos (tiempos de movilización y desmovilización de equipos y materiales, instalación y desinstalación de equipos, etc.).

4. Si se considera solo los tiempos directos en el lanzamiento de 6 m³/guardia por el sistema vía húmeda y 4 m³/guardia por el sistema vía seca, en ambos casos se estaría haciendo uso de solo del 45% del tiempo total de una guardia de 8 horas.
5. El volumen de shotcrete que se puede lanzar en una guardia por el SISTEMA VIA HUMEDA en condiciones normales de trabajo puede ser mayor a 6 m³/día, mientras con el SISTEMA VIA SECA puede ser mayor a 4 m³/día.
6. Se recomienda intensificar el uso del SISTEMA VIA HUMEDA, dado que se está logrando obtener varias ventajas a comparación del sistema vía seca. Una de sus principales ventajas que se está consiguiendo es optimizar la dosificación de los materiales componentes del shotcrete, lo cual permitirá obtener una buena calidad de concreto lanzado.
7. Cuando se utilice el SISTEMA VIA SECA Y VIA HUMEDA, la dosificación de los componentes de la mezcla deberá ceñirse estrictamente a las proporciones de la MEZCLA TIPICA (cantidad de arena, cemento, agua, fibra de acero y aditivo) que es lo adecuado, la cantidad de agua puede tener una variación ya que depende mucho del porcentaje de humedad de la arena, lo cual deberá ser regulado en el terreno.
8. El abastecimiento de arena en cuanto a su granulometría y porcentaje de humedad deberá ser de acuerdo a lo especificado en este informe. Así mismo, se deberá proveer con los materiales (cemento, aditivo, fibra de acero) en buen estado y de manera oportuna.
9. En un próximo informe se realizará un análisis de los precios unitarios tanto del concreto lanzado por el sistema vía húmeda como por el sistema vía seca.



Foto N° 8. Se observa la selección de arena que se requiere para el shotcrete.



Foto N° 9. Se observa los materiales de mezcla, arena, cemento, fibra de acero y agua en la mezcladora de 7 pies³ de volumen (capacidad).



Foto N° 10. Se observa la mezcladora en momentos de batido y alimentación en la Shotcretera "Red" por Sistema Vía Húmeda



Foto N° 11. Se observa en momentos de lanzamiento de shotcrete vía húmeda



Foto N°12. Se observa la notable reducción de polvo en el shotcrete de Vía húmeda.



Foto N° 13. Se observa el shotcrete por vía húmeda en el hastial derecho, el resultado es positivo con un espesor de 2" y el calibrador de madera.

ANEXOS



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

EXPEDIENTE N° : 23332-2006
 PETICIONARIO : COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA SA
 ATENCIÓN : ING. ROBERTO CABRERA
 OBRA : ACCESO P - 2400 CBC EN HUANZALA SUR - ZONA C
 UBICACIÓN : HUARAZ
 FECHA DE RECEPCIÓN : SAN BORJA, 09 DE MAYO DEL 2006
 FECHA DE CANCELACIÓN : SAN BORJA, 09 DE MAYO DEL 2006 (FACT. 027 - 3367)
 FECHA DE EMISIÓN : SAN BORJA, 29 DE MAYO DEL 2006

Código : NTP 339.059:2001
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto)
 Código : ASTM C 42/C42M:2004
 Título : Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

IDENTIFICACIÓN	UNIDAD	TESTIGO					
		1	2	3	4	5	6
ALTURA (h)	cm	13,3	12,8	13,3	12,0	13,4	11,8
DIÁMETRO (d)	cm	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
RELACIÓN h/d		1,93	1,86	1,93	1,74	1,94	1,71
ÁREA	cm ²	37	37	37	37	37	37
CARGA	kg	13636	12727	11136	16818	16591	16818
f _c	kg/cm ²	369	344	301	455	448	455
FACTOR DE CORRECCIÓN		0,99	0,99	0,99	0,98	1	0,98
f _c corregido	kg/cm ²	365	341	298	446	448	446
CONDICIÓN DE HUMEDAD		SECO AL AIRE					

SEGÚN LO INDICADO POR EL PETICIONARIO:

LOS TESTIGOS DIAMANTINOS OBEDECEN A LA SIGUIENTE IDENTIFICACIÓN:

TESTIGOS 1 : SHOCRETE ADITIVO GUNITOC L 33 AL 2,5% F. LANZADO: 2006/04/30 F. ROTURA 2006/05/10
 TESTIGOS 2 : SHOCRETE ADITIVO GUNITOC L 33 AL 2,5% F. LANZADO: 2006/04/30 F. ROTURA 2006/05/10
 TESTIGOS 3 : SHOCRETE ADITIVO GUNITOC L 33 AL 2,5% F. LANZADO: 2006/04/30 F. ROTURA 2006/05/10
 TESTIGOS 4 : SHOCRETE ADITIVO GUNITOC L 33 AL 2,5% F. LANZADO: 2006/04/30 F. ROTURA 2006/05/29
 TESTIGOS 5 : SHOCRETE ADITIVO GUNITOC L 33 AL 2,5% F. LANZADO: 2006/04/30 F. ROTURA 2006/05/29
 TESTIGOS 6 : SHOCRETE ADITIVO GUNITOC L 33 AL 2,5% F. LANZADO: 2006/04/30 F. ROTURA 2006/05/29

NOTAS:

TESTIGOS EXTRAÍDOS Y TALLADOS POR EL PETICIONARIO , ENSAYO A LA COMPRESION REALIZADO POR PERSONAL DEL LAC - LEM SENCICO EL 2006/05/10 Y 2006/05/29.

OBSERVACIONES:

1.- MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.
 2.- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004:1193).

TÉCNICO LAC - LEM : JORGE LUIS BOLO SALDAÑA
 JEFE LAC-LEM : ING. VANNA GUFFANTI PARRA.


 ING. VANNA GUFFANTI PARRA
 JEFE del Laboratorio de Ensayo de Materiales (e) - SENCICO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN INGENIERÍA DE MINAS

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938

Los resultados son los siguientes:

Muestra	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión Simple (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
Caja 1	6.28	12.43	13500	435.27	42.66
Caja 2	3.07	6.07	12350	1665.99	163.27

Nota: Estandarizado según Protodyakonov ($l/D = 2$)

ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Se ha ensayado 3 testigos por cada muestra entregada. Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664-95.

Los resultados son los siguientes:

Código	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	m_i	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Interno (°)
Caja 1	3.03	6.05	4450			
	3.03	6.07	5510			
	3.05	6.08	6730	23.80	49.80	8.30
Caja 2	3.06	6.11	13500			
	3.03	6.08	15000			
	3.03	6.10	16620	27.60	57.20	23.10



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN INGENIERÍA DE MINAS

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad simulada con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D 5607-95

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro	Área	Ángulo de Fricción Residual (°)	Cohesión (Kpa)
Caja 1	5.68	25.34	30.10	127.20
Caja 2	5.68	25.34	27.80	87.00

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.

Pontificia Universidad Católica del Perú
Sección Ingeniería de Minas

Ing. Elvis Valencia Chávez
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Pontificia Universidad Católica del Perú
Sección Ingeniería de Minas

Tabla N° 2: Tabla Geomecánica Aplicada en la Mina Huanzala

AREA DE GEOMECÁNICA					
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO					
TIPO ROCA	RMR	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	RESIST. DE LA ROCA	
II	II-B	61 - 70	BUENA "B"	Roca dura con regular cantidad de fracturas, leve alteración, húmedo en algunos casos.	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"	Roca de regular dureza, con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con ligero	Se requiere tres golpes firmes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"	Roca poco blanda con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con goteo ocasional.	Con dos golpes con el martillo de geólogo se puede producir fracturamiento.
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca alterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua.	No se puede rayar o desconchar con una navaja. La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo.



Tabla N° 3: Tabla de Sostenimiento del macizo rocoso

AREA DE GEOMECÁNICA SANTA LUISA					
SOSTENIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO					
TIPO DE ROCA Y COLOR	ACCESOS Y TAJEOS DE EXPLOTACION			TIEMPO DE AUTOSOORTE	
	SOSTENIMIENTO RECOMENDADO		ABERTURA PERMISIBLE		
II	II-B	Pernos helicoidales de 2.25 m espaciados de manera esporádica u ocasional en áreas donde se requiera		12.0 m	8 meses
III	III-A	Pernos helicoidales de 2.25 y 3.0m espaciados de 1.2 a 1.5 m (alternativa: intermediar con cables de 6 a 8 m de longitud, según método minado).		8.0 m	3 meses
	III-B	Pernos helicoidales de 2.25 y 3.0m espaciados de 1.1 a 1.2 m (alternativa: intermediar con cables de 6 a 8 m de longitud, según método minado), más malla electrosoldada de 2"x2" o shotcrete de 2" de mínimo espesor sin fibra de acero.		5.0 m	1.5 semanas
IV	IV-A	Pernos helicoidales de 2.25 y 3.0m espaciados de 1.0m (alternativa: intermediar con cables de 6 a 8 m de longitud, según método minado), más shotcrete de 2" de mínimo espesor con fibra de acero.		3.4 m	1 día

3.5.3 Malla metálica

La malla metálica principalmente es utilizada para los siguientes tres fines: 1º- para prevenir la caída de rocas ubicadas entre los pernos de roca, actuando en este caso como sostenimiento de la superficie de la roca; 2º-, para retener los trozos de roca caída desde la superficie ubicada entre los pernos, actuando en este caso como un elemento de seguridad; y 3º- como refuerzo del shotcrete.

Existen dos tipos de mallas: la malla eslabonada y la malla electrosoldada. La malla eslabonada o denominada también malla tejida, consiste de un tejido de alambres, generalmente de # 12/10, con cocadas de 2"x2" ó 4"x4", construida en material de acero negro que puede ser galvanizada para protegerla de la corrosión. Por la forma del tejido es bastante flexible y resistente. Esta malla no se presta para servir de refuerzo al concreto lanzado, por la dificultad que hay en hacer pasar el concreto por las mallas, no recomendándose para este uso.

A Manera de control, se utiliza en zonas donde hay problemas de estallido de rocas, para evitar proyecciones violentas de rocas y que pueda afectar al personal y/o equipo que está trabajando.



Foto N°14. Sostenimiento con la malla electro soldada en zonas fracturadas y húmedas

3.6 Zonificaciones geomecánicas de áreas en explotación y por explotar

Zonificación Estructural del macizo rocoso

El análisis estructural tiene por finalidad determinar las características geomecánicas y la calidad del macizo rocoso en los diversos sectores de la zona de estudio. Dependiendo de dichas características, el área de estudio puede subdividirse en zonas que presentan condiciones similares, a las que se denominan dominios estructurales.

Con la finalidad de determinar el Índice **RMR** o Índice **Q** de las diferentes zonas investigadas, éstas se dividen en zonas que tienen un comportamiento estructural similar denominados dominios estructurales, los cuales se caracterizan por su naturaleza litológica, grado de fracturamiento y alteración y una cierta homogeneidad en sus propiedades. Luego para cada tramo considerado se determinan los valores de cada uno de los parámetros de acuerdo al sistema de evaluación

3.7 Tablas GSI, capacitación a trabajadores y supervisores de primera línea

Paul Marinos, profesor de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Técnica de Atenas - Grecia, y Evert Hoek Ingeniero Consultor de Vancouver, B.C. de Canadá, desarrollaron el GSI, índice de resistencia geológica, con la finalidad de estimar la resistencia del macizo rocoso.

Este escrito presenta una revisión de la estimación de propiedades de resistencia del macizo rocoso a través del uso de GSI.

El sistema de clasificación GSI grandemente respeta las restricciones geológicas que ocurren en la naturaleza y están reflejadas en la información geológica. Un debate relaciona los rangos del índice de resistencia geológica (Strength Geological Index) para macizos rocosos típicos, enfatizando para macizos rocosos heterogéneos.

Los principios generales de las clasificaciones geomecánicas propuestas para el índice G.S.I., tienen los siguientes atributos (Cuadros 03):

- Son simples, fáciles de recordar y comprensibles.
- Sus términos son claros y la terminología empleada es ampliamente aceptada.
- Incluyen propiedades significativas de la masa rocosa.
- Los parámetros considerados son fácilmente medibles mediante ensayos simples, adecuados y económicos.
- Dependen de la ponderación individual que le asigne la persona encargada a cada uno de los parámetros considerados.

Se adjunta la tabla GSI :

La capacitación al personal y supervisores sobre temas de geomecánica se realizan en forma permanente a fin de concienciar en el uso correcto de la geomecánica en los trabajos de mina.

3.8 Departamento de geomecánica, equipamiento, personal y organización

PERSONAL

Reorientando la Gestión del recurso Humano, se cuenta con lo siguiente:

- Un Ingeniero de Minas Jefe de Geomecánica y Voladura
- Un Ingeniero Geólogo Asistente de Geomecánica
- Un Técnico en Voladura
- Un Practicante de Ingeniería de Mina

EQUIPAMIENTO (RECURSOS MATERIALES).

- 01 Sismógrafos (Mini Mate Plus – INSTANTEL)
- 01 VOD Mate (INSTANTEL)
- 01 Cámara fotográfica digital
- 01 Brújula de geólogo (BRUNTON)
- Martillo de Schmidt
- 01 Equipo de carga puntual SINCO
- 01 Cinta metálica de 50m
- 01 Movilidad – Camioneta
- 03 Libros de Actas
- 01 Picota de Geólogo.

RECURSOS INFORMATICOS

- Adquisición del Software Surfer 32

OTROS RECURSOS DE APOYO

- Facilitación de planos topográficos, geológicos y muestras de testigos.
- Facilitación de información de consumo de accesorios de perforación, agentes de voladura, consumo de elementos de sostenimiento y cualquier otro material de consumo en perforación, voladura y geomecánica.

ORGANIGRAMA Y NIVEL DE RESPONSABILIDADES

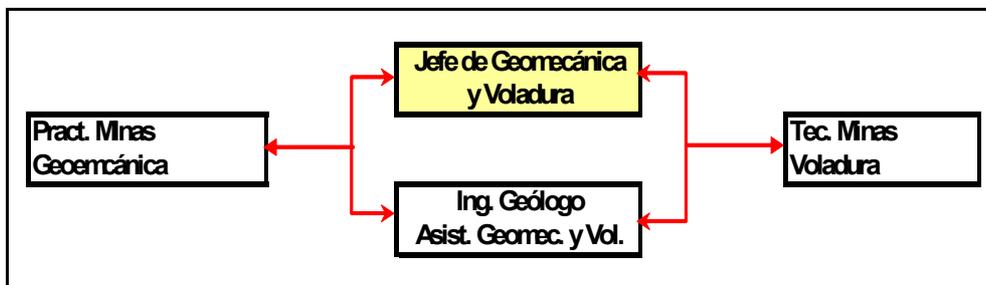


Figura N° 9

Requisitos de Técnico de voladura:

- Experiencia mínima de 3 años en minería subterránea
- Conocimientos de manejo de camioneta en interior mina
- Conocimientos en voladura de rocas.

Requisitos de Practicante:

- Experiencia en minería subterránea
- Conocimientos de manejo de camioneta en interior mina
- Conocimientos en voladura de rocas y Geomecánica.

3.9 Implementación y sistema de control geomecánico de las operaciones.

La evolución de la informática ha dado lugar a que aumente sus prestaciones de aplicación cada vez con mayor número de programas o herramientas para el cálculo de excavaciones subterráneas junto con la incorporación de nuevos modelos físicos y matemáticos, que permitan generar un diseño y análisis óptimo.

A esta rápida evolución, se suma el desarrollo de las técnicas de las excavaciones subterráneas y como tal a una mayor dimensión de construcción de este tipo de obras por razones de extracción, nuevos tipos de equipos interior mina de grandes dimensiones con mayor peso y razones de seguridad para preservar la vida de nuestro personal.

En Santa Luisa se viene utilizando el software geomecánico Phase2. Una herramienta importante que permite a controlar el sostenimiento adecuado de las operaciones.

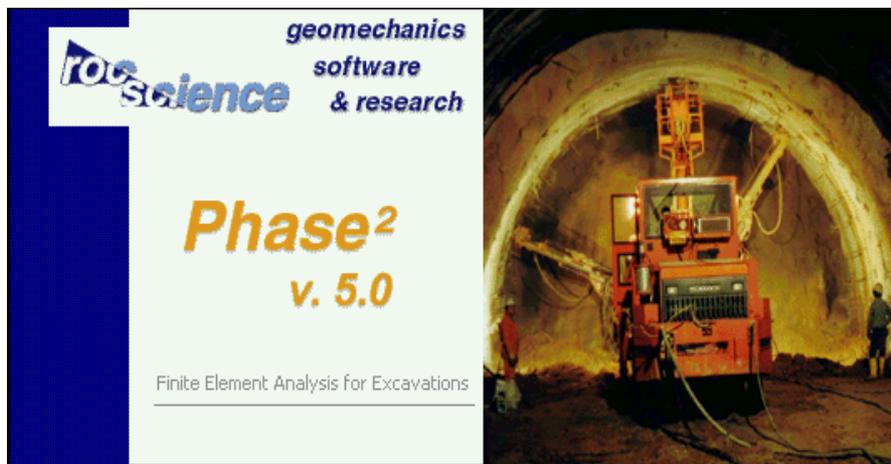


Figura N° 10

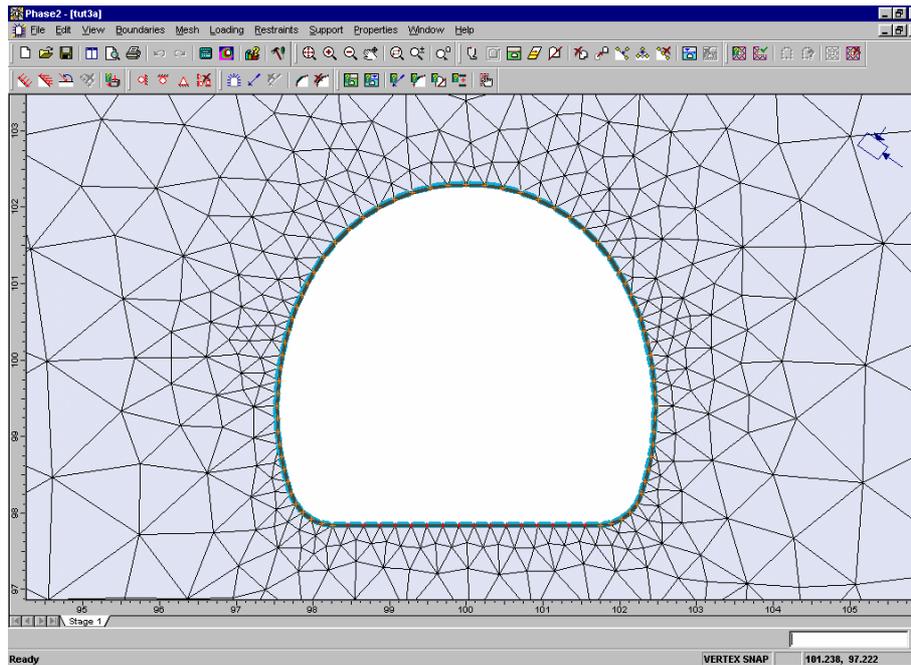


Figura N° 11

SISTEMA DE CONTROL GEOMECÁNICO DE LAS OPERACIONES

Control N° 1: Ensayo de rebote con Martillo Shmidt

- Determinar la resistencia a la compresión uniaxial de la roca insitu
- Valoración de la resistencia a la compresión de la roca para el RMR

Registro:

- Formato de ensayo de rebote con el martillo de Schmidt

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica

Frecuencia de los registros:

- Mensual: Por niveles donde se hace laboreos mineros

Control N° 2: Monitoreo Sismográfico de la labor

- Determinar la velocidad pico partícula "Vpp" y la constante de velocidad "K", de acuerdo.
- Determinar las velocidades de pico partícula longitudinal, vertical y transversal
- Determinar la frecuencia de daño.
- Determinar el desplazamiento del pico y el tiempo de fatiga del disparo.

Registro:

- Formato de monitoreo sismográfico de la labor

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica

Frecuencia de los registros:

- Mensual: un monitoreo en cada zona.

Control N° 3: Control de Pruebas de Tracción de pernos de anclaje

- Determinar la resistencia de los pernos cementados en toneladas
- Proporcionar al personal de operaciones mina el factor y tiempo de seguridad.

Registro:

- Formato de control de pernos de tracción de pernos de anclaje.

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica

Frecuencia de los registros:

- Cada dos meses en cada zona (A, B y C) de acuerdo al muestreo de las diferentes labores.

Control N° 4: Inspección de Labores según grado de criticidad

- Proporcionar al personal de operaciones mina las labores geomecanicamente críticas.
- Valoración de la resistencia a la compresión de la roca para el RMR

Registro:

- Formato de reporte de inspección geomecánica según grado de criticidad.

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica

Frecuencia de los registros:

- Mensual: en cada zona (A, B y C), considerada como críticas geomecanicamente.

Control N° 5: Monitoreo de Convergencia con cinta extensométrica digital

- Proporcionar al personal de operaciones mina las velocidades de convergencia.

Registro:

- Formato de ensayo de rebote con el martillo de Schmidt

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica

Frecuencia de los registros:

- Mensual: de labores con problemas de estallido de rocas y/o deformaciones del mismo.

Control N° 6: Mapeo geomecánico de labores

- Proporcionar al personal de operaciones mina la zonificación de RMR y el tipo de sostenimiento.

Registro:

- Memorandums generados.

Ubicación de registros:

- En las labores de cada zona
- Oficina de geomecánica.

Frecuencia de los registros:

- Mensual: en los niveles de laboreo minero de acuerdo al plan de minado.

Control N° 7: Capacitación geomecánica

- Reforzar el conocimiento de geomecánica a todo el personal que trabaja en interior mina.

Registro:

- Control de asistencia de capacitación y sensibilización.

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica
- Sistema integrado de Huanzala

Frecuencia de los registros:

- Mensual:

Control N° 8: Recomendación Geomecánica

- Proporcionar al personal de operaciones mina las recomendaciones de sostenimiento

Registro:

- Memorandums generados.

Ubicación de registros:

- Oficinas de geomecánica

Frecuencia de los registros:

- Semanal.

CAPITULO IV

4. SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE

Actualmente las exigencias de la Legislación Minera Peruana y al conocimiento de estándares internacionales, la compañía Minera Santa Luisa, como muchas empresas del sector minero, ha visto la necesidad de ir cambiando progresivamente el manejo tradicional del Programa de Seguridad e Higiene Minera, a una verdadera y eficaz gestión de riesgos, a través de la implementación de Sistemas integrales de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente denominado Sistema Integrado de Huanzalá (SIH), siendo lo que verdaderamente necesita el equipo gerencial de cualquier organización que desea ser exitosa, competitiva de categoría mundial.

Santa Luisa viene implementando en forma gradual el sistema de gestión de seguridad, con el fin de garantizar sus operaciones en forma segura y de calidad. El problema de la implementación de un sistema radica básicamente en los valores, creencias, costumbres, percepciones y actitudes de los gerentes y trabajadores; es decir aquello que se ha venido a denominar cultura de seguridad, aspecto que juega un rol fundamental, determinando el éxito o fracaso.

En la actualidad ninguna empresa puede permitirse estar sin un SSMA efectivo y periódicamente actualizado, para identificar, evaluar, medir y finalmente controlar los problemas de seguridad, salud, procesos, incendios y ambiente relacionados con la producción y operaciones conexas.

El objetivo principal de un sistema de gestión es guiar, educar, entrenar y motivar a todos los trabajadores y gerentes de la compañía Minera Santa Luisa, en las técnicas del manejo y control de riesgos, para de esta manera prevenir todas las formas de pérdidas humanas, procesos, propiedad y medio ambiente.

Podemos mencionar algunos objetivos:

- Identificar todos los riesgos de las operaciones
- Evaluar el riesgo de cada exposición.
- Desarrollar un plan que solucione la exposición al riesgo
- Monitorear, medir, elogiar o corregir

4.1 Riesgos de accidentes en interior de la mina

El riesgo relacionado a la caída de rocas, sigue siendo uno de los problemas y peligros más comunes en las operaciones en labores subterráneas de Santa Luisa. Los trabajadores dentro de las minas por la complejidad tectónica de su formación, están muy conscientes del riesgo inherente de accidentes y posibles daños al personal y equipos que trabajan en tales circunstancias.

La madera y las vigas de acero han sido los medios dominantes de soporte en los años atrás en la mina Huanzalá. Sin embargo, durante la última década, han sido otros métodos “activos” en especial el empernado de rocas, los que han dominado los procedimientos de refuerzo de roca en las labores como son rampas y tajeos.

A parte de caída de rocas, la probabilidad de la ocurrencia de accidentes en las operaciones de la mina son muchas, entre ellos podemos mencionar algunos: operación de carga y descarga, acarreo y transporte, manipulación de materiales, caída de personas, operación de maquinarias, perforación de taladros, explosivos, herramientas, tránsito, intoxicación – asfixia – absorción - radiaciones, energía eléctrica, etc., etc.

4.1.1 Causas de accidentes

Las causas de los accidentes que se han identificado en la mina Huanzalá son:

- a) Causas Inmediatas: Actos y condiciones sub-estándares
- b) Causas básicas o de causa raíz: Factores personales y factores de trabajo

- a) Las causas inmediatas:

Los actos sub estándares: acción incorrecta que realiza cada trabajador en su área de trabajo, comportamiento inadecuado y la conducta que se ubican debajo de las normas establecidas, que dan a lugar la ocurrencia de los accidentes.

Las condiciones sub estándares: Son condiciones físicas, como las instalaciones o materiales existentes que se encuentra debajo de las normas establecidas en las zonas de operación, también son las que originan también los accidentes.

Los siguientes son ejemplos de algunos actos sub estándares que cometen los trabajadores en Huanzalá:

- Operar equipos a velocidades inadecuadas
- Operar algunos equipos mineros sin la autorización por el área de seguridad
- Asegurar inadecuadamente las volantes de los motores.
- Usar equipos de mina defectuosos o en mal estado.
- Usar los equipos de protección personal (EPP) deteriorados.
- Realizar mantenimiento de equipos en movimiento.
- Poner fuera de servicio los sistemas de seguridad de los equipos
- Trabajar bajo influencia de alcohol.
- Adoptar posiciones incorrectas en una tarea, etc.

Los siguientes son ejemplos de condiciones subestándares que existen en las zonas de operación de la mina Huanzalá:

- Techo de tajeos y/o rampas muy elevados(fuera de estándar)
- Labores mineras con presencia de gases (CO, NO₂).
- Falta de orden y limpieza en talleres mecánicos y eléctricos.
- Exposiciones de ruido excesivo en labores mineras y planta concentradora
- Presencia de polvo en las chancadoras de planta concentradora
- Iluminación deficiente en los talleres de mantenimiento.
- Sistemas de advertencia insuficientes en labores
- Otros.

b) Las causas básicas: Son las faltas o fallas de control originados por la administración, por la alta gerencia, gerencia de operaciones y los gerentes (supervisores) de área.

Las causas básicas son las que originan las causas inmediatas.

Para poder controlar las causas inmediatas, se vienen tomando algunas medidas en la organización. Por ejemplo, capacitación a los supervisores en temas de liderazgo, la cultura de seguridad, la empatía, etc., herramientas que permitirán cambiar las actitudes negativas de la supervisión.

Las causas básicas ayudan entre otras cosas a explicar el porqué la gente comete errores (actos inseguros), o porqué realizan trabajos incorrectos (condiciones inseguras). Por lógica se puede deducir, un trabajador no podrá

realizar una actividad correcta, si no se le ha enseñado adecuadamente, no se le ha capacitado, enseñado, e instruido oportunamente.

Las causas básicas se dividen en factores personales y factores de trabajo.

En resumen, las causas básicas son sin lugar a duda los que originan la ocurrencia de los accidentes. Santa Luisa, tiene claro esta premisa y por esa razón viene implementando el sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, sistema que permitirá a mejorar las operaciones con calidad.

Algunos ejemplos de factores de trabajo:

- Liderazgo y supervisión deficiente por parte de algunos supervisores de mina
- Ingeniería inadecuada en la ejecución de rampas, mayores de 12% de gradiente en algunos de ellos (15-18%).
- Adquisiciones de equipos y/o materiales inadecuados.
- Mantenimiento inadecuado de los equipos de mina: Scoops, jumbos, máquinas Robolts, etc.
- Equipos, herramientas y materiales inadecuados, hechizos en algunos casos.
- Algunos procedimientos de trabajo inadecuados.
- Falta capacitación a los trabajadores y supervisores en temas de gestión de seguridad, liderazgo, etc.

Algunos ejemplos de factores personales:

- Capacidad mental/psicológica mental inadecuada: presión por la producción.
- Estrés físico o fisiológico de los trabajadores de mina (10 horas de trabajo en interior mina)
- Conocimiento deficiente de trabajos de shotcrete de algunos trabajadores de empresas especializadas.
- Falta de habilidad en identificar los peligros en el trabajo de algunos trabajadores.
- Motivación deficiente por parte de la supervisión de primera línea. En algunos casos trabajan con presión y amenazas.

4.1.2 Prevención de accidentes por caída de rocas

La industria minera es una actividad de alto riesgo, sobre todo la explotación subterránea es la más compleja y de mayor exposición de los trabajadores. Durante los últimos 15 años una tendencia permanente ha sido la presencia de la caída de rocas como un accidente recurrente que ha ocasionado los accidentes graves.

Este tipo de accidente, es el mayor responsable de accidentes graves que vienen ocurriendo en la mina Huanzalá. Tal es así, en el mes de marzo 2006, ocurrió un accidente fatal con un trabajador de Santa Luisa, en una labor de interior mina. De igual modo, los elevados costos que vienen ocurriendo por daños a equipos e instalaciones. Por lo que la empresa viene tomando medidas de prevención a fin de reducir la ocurrencia de estos eventos, implementando sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional.

4.1.2.1 Causas de accidentes por caída de rocas – Estándares de trabajo.

En la Compañía Minera de Santa Luisa, los ingenieros que vienen diseñando y ejecutando los sistemas de refuerzo de rocas, se encuentran por alcanzar los niveles más altos de seguridad, para optimizar el sistema de refuerzo y hacerlo económico, y vienen realizando trabajos, a fin de controlar las causas de accidentes por caída de rocas, considerando las siguientes medidas:

- La roca circundante debe sufrir el menor impacto (daño) posible después de una voladura (voladura controlada usando el famecorte).
- Después de una voladura la labor debe ser cuidadosamente desatada y verificado mediante un check list, por parte del mismo trabajador, luego por el supervisor de área.
- El tiempo entre la voladura y el sostenimiento o refuerzo de roca debe ser el mínimo. En cuanto haya terminado la voladura y después de desate obligatorio, en la guardia siguiente se instala el primer refuerzo, según la caracterización del macizo rocoso, se

instalan soportes. En la mayoría de los casos esto consiste en la combinación de pernos de anclaje, shotcrete y la malla.

- Cada sistema de refuerzo tiene su aplicación y directamente está relacionado a la complejidad de la calidad de la roca, donde está emplazada las labores. De acuerdo a los conceptos mencionados líneas arriba.

Otras de las causas que originan los accidentes por caída de rocas a parte de sistema de refuerzo, es también por fallas humanas. El personal no cumple el procedimiento de trabajo de desatado de rocas:

Las Causas Inmediatas

- a) Los actos sub estándares: Trabajos incorrectos: Ejemplos: perforar con techo elevado, techo no desatado o con tiro cortado, incumpliendo de esta forma las normas de seguridad, procedimientos de trabajo, etc.
- b) Las condiciones sub estándares: Condiciones físicas en mal estado. Perforar en labores con presencia de gases tóxicos (CO, NO₂).

Las Causas Básicas

- a) Factores Personales: Mencionamos: Perforistas realizando trabajos de perforación sin la experiencia y sin la capacitación adecuada. Shotcreteros realizando trabajos de sostenimiento en interior mina, sin haber sido capacitado y entrenado.
- b) Factores de Trabajo: La gran mayoría de los accidentes por caída de rocas son por factores de trabajo. Mencionamos algunos de ellos:

1. Método de minado:

Elegir el método de explotación inadecuado o trabajar en forma incorrecta un método, también es otro riesgo para la caída de rocas. La aplicación de métodos inapropiados, con respecto al tipo y calidad de rocas, darán malos resultados o de consecuencias negativas. Cuando se explota un tajeo se debe hacerse algunas preguntas: ¿qué resistencia tiene la caja techo?, ¿qué características estructurales tiene la caja techo y piso?, ¿Cuál es el tiempo, máximo de auto-sostenimiento?, ¿qué tipo de roca se tiene en techo de la labor. Si no se analiza estos parámetros, se tendrá un método de minado inadecuado y por lo tanto generará accidentes por caída de rocas y perjudicial para la seguridad del personal, equipos, instalaciones, y al proceso. Ejemplo: No se puede aplicar el método de explotación de Shrinkage (explotación por almacenamiento provisional del mineral que necesita cajas competentes) en una roca con cajas incompetentes y de mala calidad, ello acentuará el riesgo de desprendimiento de rocas.

En el caso de mina Huanzalá, el método de explotación es de Corte y Relleno Ascendente, método adecuado para el tipo de yacimiento. Sin embargo hay algunas deficiencias: Llevar una altura de corte sobre los 4.00 m. y techo no uniforme que genera debilitamiento, incumpliendo las normas de seguridad.

2. Perforación y voladura:

La mala orientación, espaciamiento inadecuado, falta de paralelismo de los taladros en el techo o corona, en las cajas o hastiales. De igual modo, carga y distribución de explosivos incorrectos a los taladros, darán como resultado una voladura incorrecta, por lo tanto, generará el debilitamiento de la masa rocosa y luego el desprendimiento de rocas. En el caso de la mina Huanzalá, la perforación en los tajos y labores de desarrollo y preparación se realizan mediante perforadoras jumbos electro-hidráulicos, marca Tamrock de uno y dos brazos. Con el fin de perforar taladros paralelos se vienen acondicionando clinómetros en la barra telescópica, el cual permite perforar taladros horizontales y un paralelismo adecuado. Sin embargo hay perforistas que vienen

incumpliendo a las normas establecidas. En cuanto a la voladura, se cuenta con equipos de carguío, tales como el Anfotruck, equipo que permite una distribución uniforme de carga en cada taladro y permite una voladura adecuada. Sin embargo, hay trabajadores de voladura por prisa usan incorrectamente dichos equipos, por tanto, no cumplen los procedimientos de trabajo.

3. Tipos de sostenimiento:

Una labor con sostenimiento inadecuado permitirá desprendimiento de rocas. El sostenimiento en la mina Huanzalá se lleva acabo de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica y mediante un procedimiento. Los tipos de sostenimiento se menciona en el Capítulo III - Evaluación Geomecánica, 3.5 Determinación y aplicación del soporte de rocas: pernos de rocas y cables de acero, shotcrete vía seca y húmeda y malla metálica. Sin embargo, hay zonas en donde no se cumplen las normas o los procedimientos de trabajo. Pernos cementados mal distribuidos, sobre todo pernos mal orientados, los que originan el desprendimiento de rocas.



Foto N°15. Se observa la máquina, Robolt N°1, marca Tamrock, perforando taladros para colocar pernos cementados.

4. Mala supervisión:

Otra de las causas básicas de los accidentes por caída de rocas es la supervisión deficiente: Los supervisores por cumplir o por dar prioridad a la producción, se descuidan o no hacen cumplir con los procedimientos de trabajo de sus trabajadores.

En Santa Luisa, se viene trabajando en la capacitación en forma permanente con los supervisores, a fin de eliminar los paradigmas antiguos mediante la capacitación, educación, sensibilización, etc. Sin embargo, para algunos supervisores todavía la producción es primero y la seguridad es responsabilidad sólo del jefe de seguridad.

ESTANDARES DE TRABAJO

ESTANDAR:

Peso o medida o por medio del cual la exactitud de un proceso puede ser auditado. Es el qué hacer una actividad.

Determina quién hará qué, cuando y con qué grado de responsabilidad.

En el caso de la Mina Huanzalá, los estándares están incluidos en los procedimientos de trabajo que se les entrega a todos los trabajadores.

4.1.2.2 Medidas de Prevención

En Santa Luisa la prevención de accidentes por caída de rocas, es un trabajo desplegado entre las áreas comprometidas con la operación:

Planeamiento, Geología, Geomecánica, Mina y Seguridad. Los resultados se obtienen del trabajo en conjunto entre las áreas comprometidas en el desarrollo de la explotación del yacimiento y los esfuerzos coordinados de cada jefe de área involucrada.

a) Control de Planeamiento

Para un buen control de minado, es importante un programa de producción, los cuales deben ajustarse a la semana o en forma mensual, para realizar un control detallado del programa relacionado con la ejecución. No sabemos dónde estaremos en una semana, pero

si sabemos exactamente qué vamos hacer durante la semana o en un mes. En la mina Huanzalá, al realizar el programa mensual o semanal, las jefaturas de las áreas operativas se anticipan mediante un programa, donde se anticipan y reconocen los tipos de terreno del yacimiento a trabajar, por lo tanto, todos los responsables están inmersos en la prevención para evitar la ocurrencia de accidentes, programándose campañas de desate, sostenimiento y demarcación de áreas críticas.



Foto N°16. Se observa a los supervisores coordinando trabajos en interior mina. Perforación con jumbo electro-hidráulico en el tajeo 024 Ro



Foto N°17. Se observa un Jumbo electrohidráulico N° 3, en la labor tajeo 024 Ro.

b) Control Geológico (Litología Peligrosa)

Hay una supervisión de todos los días en la mina por parte de los geólogos y los topógrafos, están casi siempre en las labores y pueden observar los problemas geológicos de toda la información de sondajes y de los levantamientos geológicos diarios. Se obtienen informaciones para el desarrollo de las labores a ejecutarse.

- Litología (Diferentes tipos de roca).
- Estructuras (fallas, juntas, fracturas, etc.)
- Alteraciones (silisificación, piritización, argilización, etc.
- Secciones geológicas transversales de cada uno de las labores, antes de la ejecución de minado correspondiente.

En forma diaria la supervisión de geología, realiza el levantamiento de las labores (mapeo), observando zonas inestables con posibilidad de desprendimiento, realizando señalizaciones de áreas críticas, comunicando inmediatamente a la jefatura de mina para la ejecución de tareas preventivas, como es el desate y/o sostenimiento. El informe del área de geología es valioso para la mina, es una ayuda fundamental en el proceso a fin de evitar un accidente.

c) Control Geomecánico

Con el fin de determinar la calidad del macizo rocoso, se ha considerado los siguientes aspectos:

- Identificación de las características del tipo de roca
- Determinación del RMR de la roca
- Recomendaciones del tipo de sostenimiento en base a los datos recopilados.
- Control y cumplimiento del desarrollo y calidad del sostenimiento

El jefe de geomecánica realiza inspecciones en las diferentes labores de interior mina en forma permanente y reporta todos los días en las reuniones matinales de 6:00 a.m., donde asisten todos los jefes de área de la unidad a la reunión de operación. Así mismo, envía recomendaciones por escrito de

algunas observaciones que cree conveniente o desviaciones encontradas en las labores mineras.

d) Control de Sostenimiento

Para el desarrollo efectivo del sostenimiento en las labores de mina Huanzalá, se cumple con todas las recomendaciones del área de geomecánica con respecto a las tablas de sostenimiento, las que fueron elaboradas, luego de un detallado análisis, considerando las características de la litología y aspectos estructurales del macizo. Esto permite controlar un sostenimiento adecuado de todo el laboreo minero y garantiza una operación segura y de calidad.

e) Control de Seguridad

La supervisión de seguridad es una actividad preventiva muy importante (inspecciones de seguridad), todas ellas orientadas a evitar los accidentes, concentrando su atención al cumplimiento de las normas, procedimientos de trabajo, herramientas de sistema de gestión de seguridad, como: Identificación de peligros, cumplimiento de procedimientos, observación de tareas, etc.

Una vez realizada las actividades preventivas que son las inspecciones, se envían las recomendaciones al jefe de mina, anotando el cumplimiento de las recomendaciones: Se menciona algunos de ellos

- Perforación y voladura de labores
- Carguío y acarreo de mineral y desmonte
- Check list de los equipos mineros
- Mantenimiento de vías fuera e interior mina
- Verificación del tipo de sostenimiento, mediante el uso y el cumplimiento de la tabla geomecánica.
- Desatado de rocas en las diferentes labores
- Desempeño del personal
- Capacitación in situ a los trabajadores, etc.
- Otros.

El departamento de Seguridad, coordinador, facilitador y fiscalizador, realiza el seguimiento de los acuerdos tomados entre las jefaturas de áreas responsables. Inspecciones del personal de seguridad que se realizan en forma permanente.

4.1.2.3. Inspección del terreno y desatado de rocas - Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)

La inspección de seguridad es una herramienta de gestión de seguridad muy importante en una organización. Es un proceso de observación metódica para examinar situaciones críticas de prácticas, condiciones, equipos, materiales y estructuras. Son realizadas por supervisores entrenados y conocedores en la identificación de peligros, con el fin de prevenir pérdidas. El objetivo de las inspecciones de seguridad es detectar los actos y condiciones sub-estándares que existen en las zonas de operación.

En la mina Huanzalá se realizan inspecciones de seguridad a diferentes secciones de trabajo. Estas inspecciones se vienen realizando con el fin de observar los actos y condiciones sub-estándares que ayudarán a una mejora continua de las operaciones. De igual modo, estas inspecciones se llevan a cabo en forma programada y no programada en compañía de los Jefes de Divisiones y los supervisores de guardia, luego se envía las recomendaciones escritas y los plazos de cumplimiento. Se adjuntan el PETS de inspección de terreno y desatado de rocas en el anexo.

4.1.2.4 Procedimiento para el desatado de roca - investigación de accidentes

El procedimiento de desatado de rocas es el método específico para llevar a cabo una tarea. Es el cómo hacerlo paso a paso de manera secuencial una determinada tarea.

El procedimiento de Desatado de rocas de la Mina Huanzalá, fue elaborado por el jefe de división de mina y previamente revisado por área de división de seguridad y salud ocupacional, luego aprobado por el gerente de operaciones. Es una herramienta de gestión muy valiosa, donde cada

trabajador viene cumpliendo en forma secuencial y ordenada todos los pasos a seguir.

Una de las funciones de la supervisión es el seguimiento y el cumplimiento de los procedimientos por parte de los trabajadores. Para tal fin, cada supervisor viene capacitando, entrenando a su personal, la forma cómo debe realizar el trabajo en forma sencilla.

Se adjunta el procedimiento en el anexo correspondiente.

INVESTIGACION DE ACCIDENTES:

La investigación de accidentes consiste en identificar las causas que han originado el hecho, se identifican las causas que han dado lugar la ocurrencia y con las evidencias del caso se identifican las causas básicas o la causa inmediata que ha originado. Todo ello, con el fin de evitar su repetición y llegar a la verdadera causa. La investigación de accidentes en la mina Huanzalá, realiza el jefe del área involucrado, debido que el supervisor conoce a su personal, conoce las áreas de trabajo y por ende, las operaciones. Luego, el jefe de División de Seguridad en compañía del jefe de área involucrado verifican los hechos. Posteriormente, el jefe de división de seguridad convoca a una reunión dentro de las 24 horas de lo ocurrido, al gerente de operaciones y a los demás jefes de área. En dicha reunión se analizan las causas que originaron el accidente, luego se toman las medidas correctivas. Posteriormente, el jefe de División de Seguridad envía un informe dirigido al gerente de operaciones y los jefes de división, dando un plazo de cumplimiento de las observaciones. Se adjunta el informe de un accidente incapacitante en el anexo correspondiente.

4.2 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de Huanzalà: OHSAS :18001-1999 e ISO:14001-2004.

El Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SIH), está basado fundamentalmente en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional 18001-1999 y el Sistema de Gestión de Medio Ambiente ISO:14001-2004, constituidos básicamente por los siguientes elementos o los item:

4.2.1 Alcance del Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud ocupacional y Medio Ambiente

La Compañía Minera Santa Luisa S.A., viene implementando un Sistema de Gestión de Seguridad, denominado Sistema de Gestión de Huanzalà (SIH), con el fin de consolidar el sistema de seguridad, salud ocupacional y de medio ambiente, será de aplicación en todas las operaciones de exploración, explotación, beneficio, servicio y administración en las localidades de Huanzalá y la hidroeléctrica de Huallanca.

4.2.2 Política de Seguridad y Salud Ocupacional.

Compañía Minera Santa Luisa, cuenta con una política de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, la cual ha sido elaborada por el comité Sistema Integrado de Huanzalá y aprobado por la Alta Dirección y comunicada a los trabajadores.

Esta política incluye compromisos de mejora del desempeño de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente a través de la prevención y control de peligros, riesgos y de contaminación. También incluye un compromiso de cumplimiento con la legislación y reglamentos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente y demás requisitos suscritos por la organización.

La política de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, se encuentra documentada, establecida, mantenida en todas las áreas de la Compañía Minera Santa Luisa. Así mismo se encuentra a disposición del público, para este fin cuenta con periódicos murales. Donde entre otros puntos establece: "Que la protección de la vida y la salud de sus trabajadores, tiene prioridad sobre cualquier actividad d la empresa, cumplirá con todas leyes, regulaciones, normas, reglamentos y estándares aplicables a la industria minera, capacitará y entrenará a todos sus trabajadores para que cuenten con las habilidades necesarias para mantener un ambiente de trabajo libre de daños ambientales y de riesgos para la seguridad, promoverá el mejoramiento continuo de sus actividades y procesos, buscando así superar el cumplimiento de las normas de seguridad, salud y medio ambiente, establece claramente los compromisos para mejorar el desempeño en medio ambiente, seguridad y salud ocupacional. Así mismo, incluye la mejora continua, cumplimiento de la legislación y reglamentación de medio ambiente,

seguridad y salud ocupacional aplicables y demás requisitos suscritos por la organización. Es comunicada a todos sus trabajadores mediante capacitación. Se adjunta una copia en el anexo.

4.2.3 Planificación

4.2.3.1 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Control de Riesgos:

Directrices de Seguridad y Salud Ocupacional:

Compañía Minera Santa Luisa, ha establecido el procedimiento trabajo para la identificación de los peligros y la evaluación de riesgos, en el que se detalla pasos a seguir para identificar los peligros y evaluar los riesgos de sus actividades sea estos rutinarios o no rutinarias, llevadas a cabo por personal de la empresa o por personas ajenas a ellas y las facilidades del lugar de trabajo. Luego de esta identificación y evaluación, se procede a identificar los mecanismos de control necesarios a través de la metodología descrita. Así mismo, se actualiza y elabora la documentación necesaria siguiendo el mecanismo de control documentario.

4.2.3.2 Requisitos legales y otros legales:

Es responsabilidad del área legal de la Compañía Minera Santa Luisa, identificar, acceder, mantener y comunicar los requisitos legales aplicables y otros requisitos al coordinador del sistema.

La responsabilidad de difundir los requisitos legales a los responsables de las áreas involucradas en el cumplimiento de los mismos recae sobre el coordinador del sistema integrado.

Para esta identificación, se puede consultar para la seguridad al jefe de División de Seguridad y Salud Ocupacional y para el medio ambiente al jefe de Medio Ambiente, compendios legales, contratar consultores especializados, visitar ministerios, municipalidades y otras instituciones.

Cada jefe de área de Compañía Minera Santa Luisa, incluida en el alcance mantiene informado a su respectivo personal sobre las normas legales y

otros requisitos aplicables directamente al aspecto ambiental de su labor o trabajo ó sobre la seguridad y salud ocupacional.

Cada vez que un nuevo requisito legal identificado, entonces se procede a planificar su monitoreo, tal como está establecido en el manual del sistema.

4.2.3.3 Objetivos y Metas:

Cada jefe de área involucrado identifica un aspecto ambiental significativo y/o peligro de alto riesgo propone objetivos y metas y presentan la información necesaria para que el comité SIH pueda tomar decisión de aprobarlo o no. Esta información puede incluir, lo siguiente: información sobre el desempeño actual; información sobre requisitos legales o de partes interesadas en el desempeño de la seguridad, salud y medio ambiente; información sobre costos necesarios para lograr el objetivo y meta (s); el tiempo y otros recursos necesarios.

El gerente general aprueba los objetivos y metas ambientales, de seguridad y salud ocupacional, documentados que consideren factibles y convenientes. Asimismo designa a un responsable para la programación de las actividades necesarias para el logro de los objetivos y metas.

4.2.3.4 Programas de Seguridad y Salud Ocupacional:

El responsable de programar las actividades necesarias para el cumplimiento de un objetivo específico es designado por la Alta dirección en el momento en que el objetivo y sus metas son aprobados. La elaboración del Programa de Gestión Ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional la realiza el coordinador del Sistema Integrado de Huanzala de manera coordinada con cada jefe de área identificando en el Programa de Gestión Ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional la siguiente información:

- Peligro de alto riesgo
- Compromisos de la política
- Objetivo general
- Meta específica (medible)
- Indicador de desempeño

- Desempeño actual
- Actividades
- Responsable
- Plazos (Cronograma)
- Recursos Económicos
- Documentos de referencia.

El Programa de Gestión Ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional antes de su ejecución debe ser aprobado por la alta Gerencia o Representante. Luego de su aprobación, el mencionado programa es distribuido de manera controlada a los responsables de ejecutar alguna de las actividades que describe y, estos deben comunicar por escrito semestralmente al gerente de Operaciones sobre los avances realizados.

4.2.4 Implementación y Operación

Objetivo.

Llevar a cabo acciones que aseguren el cumplimiento de los objetivos y metas, y los compromisos de la Política de Seguridad, Salud y Medio Ambiente de Compañía Minera Santa Luisa.

Alcance

Las disposiciones descritas en esta sección se aplicarán para la implementación de:

- Una estructura organizativa que permita el cumplimiento de los compromisos en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente
- Un mecanismo de capacitación y evaluación de la competencia del personal
- Documento controlada que apoye el cumplimiento de los elementos del sistema SIH
- Mecanismos de preparación y respuesta ante emergencias que comprometan la salud. Seguridad del entorno o el personal y el medio ambiente.

4.2.4.1 Estructura y responsabilidades:

La responsabilidad de la designación de la estructura y responsabilidad; así como, la designación de los recursos cae en la gerencia de operaciones. La responsabilidad final de la seguridad recae en la alta dirección. La Gerencia de Operaciones ha sido designado por la alta dirección como su representante, asignándole la responsabilidad de implementar y mantener el Sistema Integrado de Huanzalá, así como de informar el desempeño del mismo.

4.2.4.2 Capacitación, Entrenamiento, competencia y toma de conciencia:

El personal debe ser competente, para lo cual la organización cuenta con una sección de capacitación, el objetivo principal es capacitar, entrenar al personal, con el fin de dar cumplimiento a la política de seguridad y salud ocupacional, los procedimientos y los requisitos del sistema de gestión de medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

- La importancia del cumplimiento de la política de seguridad, salud y medio ambiente y de los procedimientos y requisitos del Sistema Integrado de Huanzalá. Cumplir sus funciones y responsabilidades en lograr la conformidad con la política, los procedimientos y los requisitos.
- Concientización acerca de las consecuencias a la seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, reales o potenciales de sus actividades de trabajo y otros beneficios de un buen desempeño del personal.

4.2.4.3 Consulta y Comunicación:

La responsabilidad de las consultas y gestión de comunicaciones internas y externas referidas al sistema de gestión de seguridad, recae en sobre el coordinador.

La responsabilidad de contestar las comunicaciones externas recae en el Gerente de General o Gerente de Operaciones de Santa Luisa.

Está documentada el involucramiento del personal y los mecanismos de consulta y se informa a las partes interesadas. Los empleados están involucrados en el desarrollo y revisión de la política y procedimientos para gerenciar los riesgos, ser informados de quien es el representante de seguridad y salud ocupacional y estar representados en temas de seguridad y salud ocupacional.

4.2.4.4 Documentación:

La organización establece y mantiene por escrito y en formato electrónico, la información necesaria: a) Política de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente- Manual del Sistema Integrado de Gestión de Riesgos–Estándares. b) Procedimientos Generales del Sistema Integrado y Procedimientos operativos. c) Instrucciones de trabajo y d) Registros.

Compañía Minera Santa Luisa, cuenta con una estructura documentaria que describe los diferentes elementos del Sistema Integrado de Huanzalá. Esta documentación comprende: Manual, instrucciones, procedimientos, planes, programas, listas, formatos y otros documentos de origen externo.

4.2.4.5 Control de Documentos y Datos

El objetivo es establecer el mecanismo para administrar y controlar la documentación del sistema integrado de gestión. Compañía Minera Santa Luisa, ha establecido y mantiene lineamientos para el Control de documentos en el que se definen responsabilidades concernientes a la elaboración, revisión, aprobación y modificación de los documentos del Sistema de Gestión de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional. Este procedimiento asegura que los documentos sean legibles, fechados, identificables, mantenidos de manera ordenada y por el periodo especificado.

- Sea ubicada.
- Sea revisada periódicamente y actualizada cuando sea necesario y aprobada por la Alta Dirección o Representante de esta.

- Las versiones vigentes de los documentos del Sistema Integrado de Huanzalá estén disponibles en copia en las jefaturas de las áreas correspondientes para el funcionamiento efectivo del sistema.
- Las versiones obsoletas son retiradas y guardadas con fines legales o con propósito de conservación como referencia.

El Coordinador del SIH, mantiene y es responsable del Registro Maestro de Documentos del Sistema Integrado de Gestión en Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional y de la actualización de los documentos en SIH.

4.2.4.6 Control de operaciones

La responsabilidad de consolidar el control operacional incluyendo contratistas, si fuera posible el caso, recae directamente sobre el responsable de área y/o empresa especializada de Santa Luisa.

a) Cuenta con el mantenimiento de procedimientos documentados para hacer frente a situaciones en las que su ausencia podría distorsionar, tanto la política de seguridad y salud ocupacional como los objetivos. b) Se estableció los procedimientos de trabajo para el diseño de lugar de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria, procedimientos operativos y organización laboral.

Compañía Minera Santa Luisa ha identificado sus actividades de alto riesgo para la salud y seguridad y aspectos ambientales significativos. Este control operacional se realiza a través de las disposiciones descritas en las matrices de control operacional, monitoreo y medición, en la cual se identifica la actividad y operación crítica, la característica clave, el criterio de operación, el documento y/o registro relacionado y el puesto clave. Cada jefe de área es responsable de elaborar una matriz de control operacional, monitoreo y medición por cada Peligro de Alto Riesgo aplicable al área.

Todo trabajo de alto riesgo, que no está en los procedimientos requiere obligatoriamente del Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR) expedido por el área de seguridad o procedimiento correspondiente tales como: Trabajos en altura, trabajos en caliente,

trabajo en espacios confinados, trabajos de excavación de zanjas, derrumbes y otros.

Estos controles operativos también funcionan para hacer frente a situaciones en las que su ausencia podría causar incumplimiento de la Política, Objetivos y Metas del SIH.

4.2.4.7 Planes de contingencia y capacidad de respuesta ante emergencias:

El Departamento de Seguridad de Compañía Minera Santa Luisa, ha elaborado y mantiene el procedimiento de identificación, elaboración y respuesta ante emergencia a través del cual se describen las acciones para prevenir y actuar ante emergencias que puedan causar impactos significativos o daños a la salud del personal. Estas acciones incluyen la respuesta ante la emergencia y la mitigación posterior de los daños causados.

Para asegurar que los planes elaborados son efectivos, se organizan simulacros periódicos a través de un programa establecido en el procedimiento de Identificación, Elaboración y Respuesta ante Emergencia.

Luego de cada simulacro ú ocurrida una emergencia, los planes son revisados conjuntamente con los Jefes de Área y el jefe de División de Seguridad y Salud ocupacional incluyendo las modificaciones necesarias para asegurar su efectividad. Se adjunta una copia en el anexo.

4.2.5 Verificación y acción correctiva.

4.2.5.1 Monitoreo y medición del desempeño

Objetivo

Establecer y mantener documentación que permita el seguimiento, monitoreo y medición del desempeño del sistema integrado Santa Luisa, especialmente de las operaciones críticas, buscando monitorear y medir

periódicamente las características más importantes de sus operaciones y actividades que puedan tener un riesgo significativo. Ello incluye el registro de la información sobre el desempeño, los controles operacionales relevantes y la conformidad con los objetivos, metas y programas del sistema de Santa Luisa.

Alcance

Involucra a las actividades de Santa Luisa Mina Huanzalá especialmente las relacionadas a los riesgos y salud ocupacional.

Directrices

Compañía Minera Santa Luisa, viene estableciendo un mecanismo para monitorear y medir periódicamente las características claves de sus operaciones y actividades que puedan tener un impacto significativo sobre la seguridad y salud ocupacional. Este monitoreo se realiza a través de las disposiciones descritas en las Matrices de Control Operacional, Monitoreo y Medición, en la cual se identifica el indicador de desempeño operacional, el criterio de desempeño, el responsable de realizar el monitoreo y/o medición, la frecuencia y el registro del monitoreo y/o medición. Cada Jefe de Área es responsable de elaborar una Matriz de Control Operacional, Monitoreo y Medición por cada Peligro de Alto Riesgo aplicable al área.

Estos indicadores son identificados por las áreas de Seguridad y Salud Ocupacional, aprobados por la Gerencia de operaciones y registrados en las matrices. El Gerente de operaciones realiza el monitoreo del cumplimiento de los objetivos y metas cuando las condiciones así lo requieran, mínimo una vez al año, a través de los informes de avances presentados por los responsables designados.

4.2.5.2 Accidentes, incidentes, no conformidades, acciones correctivas y preventivas:

Compañía Minera Santa Luisa, ha establecido el procedimiento PR-075-GSCT Control de No Conformidades, Accidentes, Incidentes y Toma de Acciones, en el cual se definen las funciones con responsabilidad y

autoridad para controlar e investigar las no conformidades, accidentes e incidentes, incluyendo las acciones para mitigar el impacto producido y las acciones correctivas y preventivas del caso.

Asimismo, para la eliminación de las causas de las no conformidades, los responsables de proponer las acciones correctivas o preventivas que se toman deben tener en cuenta que éstas sean apropiadas a la magnitud del problema e impacto registrado.

Adicionalmente, Compañía Minera Santa Luisa, puede modificar los documentos del Sistema Integrado de Huanzalá como resultado de la aplicación de las acciones correctivas y preventivas y registrando estas modificaciones de acuerdo a lo establecido en el procedimiento control de documentos.

4.2.5.3 Registros y administración de registros:

La organización establece y mantiene registros para la identificación, mantenimiento y disposición de registros de seguridad y salud ocupacional, así como de las auditorías y revisiones.

Los registros de seguridad y Salud Ocupacional son legibles, identificables y trazables a las actividades involucradas. La trazabilidad consiste en verificar el cumplimiento de los requisitos mencionados en la OHSAS-18001, y la parte operativa, los cuales deben ser cumplidos correctamente. Por ejemplo. Los trabajos que realiza un perforista minero, debe estar de acuerdo al procedimiento de trabajo de la empresa. Al momento de la auditoría esto tiene que comprobarse, si efectivamente el personal cumple con el mencionado procedimiento. Los registros se archivan y son conservados en un archivo de tal forma que puedan ser recuperados fácilmente y estén protegidos contra daños deterioros o pérdida. Los registros se mantienen, de modo que sea conveniente para el sistema y la organización para demostrar la conformidad con los requisitos de esta norma. También, con el fin de mostrar todos los registros en momento de la auditoría externa.

4.2.5.4 Auditorías:

El Jefe de División de Seguridad y Salud Ocupacional, coordinador, facilitador y fiscalizador del área de seguridad, programa y lleva a cabo auditorías internas a las diferentes áreas de operación, con el fin de:

a) Determinar si el sistema de gestión de seguridad y Salud Ocupacional:

a1) Es concordante con los planes establecidos para la gestión de de seguridad y salud ocupacional, incluyendo los requisitos,

a2) Si ha sido adecuadamente implementado y mantenido, y

a3) Es efectivo para el cumplimiento con la política y objetivos de la organización,

b) Revisar los resultados de auditorías anteriores, y

c) Proveer información sobre resultados de las auditorías a la gerencia de operaciones con copia a los diferentes jefes de división. El programa de auditorías de la organización, incluyendo el cronograma se basa en los resultados de la evaluación del riesgo de las actividades de la organización y el resultado de auditorías previas. Cuando sea posible, las auditorías deben ser conducidas por personal entrenado y previamente capacitado y entrenado. De igual modo, en la unidad minera, en el mes de mayo del 2007, se realizó una auditoría preliminar por parte de la empresa auditora Bureau Veritas, con el fin de ver el avance de la implementación del sistema Integrado de Gestión de Seguridad Huanzalá, obteniendo 19 observaciones, los cuales se levantaron con participación de los jefes de división de cada área.

4.2.6 Revisión por la dirección:

Objetivo

Describir las disposiciones para revisar y mejorar continuamente el Sistema Integrado de Huanzalá de Compañía Minera Santa Luisa.

Alcance

Las disposiciones descritas en esta sección se aplican a los procesos de revisión y mejora del Sistema Integrado de Huanzalá realizadas por la Alta Dirección.

Directrices

La Alta Dirección, representado por el gerente de operaciones, revisa a intervalos una vez al año, establecidos los elementos del Sistema Integrado de Huanzalá definidos en el presente manual. Con la finalidad de asegurar la continúa adecuación y eficacia del Sistema siguiendo el mecanismo descrito en el procedimiento de Revisión por parte de la Alta Dirección. Accidentes e incidentes, incluyendo las acciones para mitigar el impacto producido y las acciones correctivas y preventivas del caso.

Asimismo, para la eliminación de las causas de las no conformidades, los responsables de proponer las acciones correctivas o preventivas que se toman deben tener en cuenta que éstas sean apropiadas a la magnitud del problema e impacto registrado.

Adicionalmente, la alta gerencia, puede modificar los documentos del Sistema Integrado de Huanzalá como resultado de la aplicación de las acciones correctivas y preventivas y registrando estas modificaciones de acuerdo a lo establecido en el procedimiento.

4.3 Limitaciones, dificultades y éxitos (beneficios) en el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional:

Las limitaciones dependen de la organización ya que es un sistema internacional que abarca a todas las operaciones. Sin embargo se mencionan tales como: transporte de concentrados de terceros, algunas empresas de comunidades, etc., que hay cierta resistencia en el cumplimiento de normas. Dificultades existen como en todo sistema de gestión, sobre todo con el personal nuevo, que no está comprometido en su totalidad. Hay trabajadores nuevos que están ingresando en forma permanente y son los que incumplen las normas y por lo tanto, son los blancos para la ocurrencia de accidentes.

Con respecto a los éxitos, la empresa va camino a ser exitosa a largo plazo y a mediano plazo, esto dependerá como se va implementando el sistema y como se viene utilizando el sistema.

Se observa una reducción sustancial en la ocurrencia de incidentes y accidentes por caída de rocas en la mina en los últimos meses, ya que se vienen controlando en las zonas de trabajo. Los accidentes mayormente están ocurriendo en otras actividades, pero, en menor escala. Mayormente vienen ocurriendo en el manipuleo de equipos por aprisionamiento de dedos de mano, manipuleo de herramientas, etc.

Más que éxitos podemos considerar los beneficios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para la compañía Minera Santa Luisa S.A. :

- A nivel mundial el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS – 18001 - 1999, surge con el fin garantizar un trabajo seguro y de calidad.
- En nuestro medio, muchas empresas están adoptando estas normas como el norte de sus operaciones y fuera del país, estas certificaciones es una tarjeta de presentación.
- Ayuda a ordenar las gestiones y a reducir los costos de la empresa.
- En la organización, define funciones, responsabilidades y alcances de cada proceso para una operación eficaz.
- En la organización la implementación del sistema de gestión: Se debe considerar como una inversión.
- Al implementar este sistema de gestión, el negocio mejora sus servicios y procesos productivos con lo que se vuelve más competitivo. Lo más importante para la implementación es la planificación del sistema y su organización respectiva.

PLANIFICACION DEL SISTEMA Y ORGANIZACIÓN

Ningún sistema puede ni podrá ser efectivo sin una concienzuda planificación, organización, liderazgo y control. El éxito de este sistema, como cualquier otro, depende de que todos trabajen juntos como en un equipo.

Los máximos ejecutivos de la empresa, los Integrantes del Comité Paritario, los Gerentes y Supervisores respectivos, son elementos esenciales para un perfecto funcionamiento del sistema puesto que ahí es donde comienza la planificación e implementación de los sistemas. Cada empleado es responsable por administrar su propia área de trabajo y sus quehaceres personales sobre la base de una actitud de todos los días. Cada empleado o trabajador toma parte activa y es responsable por las decisiones que se toman respecto de las actividades diarias; y además es responsable por supervisar que se lleve un buen control de las condiciones de trabajo. Y ¿Cuál es el principio de responsabilidad de todo el personal?

El personal debe asumir la responsabilidad por su salud ocupacional y su seguridad, el primer requerimiento es que ellos tengan clara conciencia y comprendan los principios e importancia de un sistema extensivo.

4.4 Costo–Beneficio del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional

Para la evaluación del costo-beneficio se parte de la identificación de los accidentes ocurridos en la unidad de producción, ya que estos se traducen generalmente en pérdidas, sea por: lesiones personales, daños a los equipos e instalaciones y paradas de operación; los cuales son de responsabilidad de la empresa. Para revertir estos incidentes la empresa está en la obligación de prever, tomando acciones correctivas y preventivas y evitar de esta manera la ocurrencia de los mencionados incidentes con daños.

Una actitud segura de hacer los trabajos por parte de los trabajadores generará beneficios, los que se traducen en oportunidades económicas directos e indirectos.

Los beneficios del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, se darán en los siguientes rubros:

- a) Reducción de la ocurrencia de incidentes/accidentes
- b) Mejora el bienestar de los trabajadores y de la familia.
- c) Las operaciones son más seguras, con una buena productividad, donde incrementan las utilidades. El sistema Integra la gestión de seguridad y salud ocupacional con la gestión de producción, a fin de lograr una producción de calidad.
- d) Buena imagen de la empresa ante los accionistas, la comunidad y el mercado financiero al no tener accidentes fatales.

- e) Aumento del nivel de capacitación entre trabajadores y comunidades, a cerca de los temas de seguridad y salud ocupacional.
- f) Provee un marco estratégico de trabajo, capacitación de calidad y uso de herramientas de gestión para reducir daños, enfermedades y pérdidas por accidentes, al mínimo.
- g) Integra la gestión de seguridad y salud ocupacional con la gestión de producción, a fin de lograr una producción de calidad y segura.

Costo del Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional

Realizando un análisis similar al de los beneficios, se ha determinado que los costos del sistema se dan en los siguientes rubros:

- a) Las lesiones personales, daños a los equipos e instalaciones, y parada de operaciones, todo ello causado por los trabajadores, es un costo muy alto y los costos para este rubro no está presupuestado o no se presupuestan, por lo que genera una serie de dificultades en las operaciones. Estudios realizados por especialistas indican que el costo promedio de una fatalidad en operaciones subterráneas de la mediana minería, con la actual cotización, se estima en \$ 408,000 para accidentes fatales y para los accidentes incapacitantes en \$ 40,000.
- b) Las sanciones económicas que tiene que rembolsar la empresa al Ministerio de Energía y Minas, Osinergmin, etc. por la ocurrencia de los accidentes fatales, son realmente altos.
- c) Las paradas intempestivas de operación en la planta concentradora, mina, etc. por la ocurrencia de incidentes, es un costo muy elevado.
- d) El costo social cuando ocurren accidentes con fatalidad o con pérdidas de tiempo con los trabajadores.

Frente al análisis efectuado el costo-beneficio y tomando las consideraciones que la empresa viene realizando las medidas de control, el beneficio que genera la implementación del sistema de seguridad y Salud ocupacional es mayor comparado al costo que vienen generando los accidentes por lesiones personales, daños a equipos, instalaciones y las paradas de operaciones.

CAPITULO V

5. PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO DE CONTROL DE PÉRDIDAS:

5.1 El Planeamiento como aprendizaje.

Son los pilares en los que asientan el plan, cubren un horizonte de varios años y apuntan a alcanzar los objetivos estratégicos de largo plazo de la empresa Compañía Minera Santa Luisa. Como objetivos principales son:

1. Reducir la ocurrencia de incidentes y accidentes en sus diferentes operaciones:
Con una buena gestión de la alta gerencia y de la gerencia media. Esto debe reflejar en los índices de seguridad.
2. Maximizar la producción y la productividad de la empresa:
 - Incrementar la productividad de la mina de las zonas A (Carlos Alberto), B (Zona baja de Carlos Alberto) y C (Huanzalá Sur).
 - Incrementar la producción y productividad de planta concentradora.
 - Optimizar la generación y distribución de la energía producida por la central hidroeléctrica y la nueva instalación de la interconexión del sistema eléctrico que se vienen construyendo en la subestación en la localidad de Huallanca, cerca de la sub-estación eléctrica instalada por la empresa Antamina.
3. Reestructurar la organización, definir las funciones y responsabilidades.
4. Intensificar la exploración y la investigación metalúrgica.

5.2 El Planeamiento estratégico: Misión, Visión y Valores

La implementación del Plan Estratégico de la empresa requiere que éste sea comunicado y comprendido por todos sus integrantes y que las Gerencias, Superintendencias y Departamentos, tanto de Lima como de mina, estén alineados a dicho plan.

Por ello es necesario que las diferentes gerencias y superintendencias entiendan claramente su contribución al plan estratégico y formulen objetivos a nivel de gerencias y superintendencias alineados con el mismo.

El presente documento desarrolla los Lineamientos estratégicos de la División de Seguridad y Salud Ocupacional, los cuales describen su alineamiento con el plan estratégico y cómo contribuye al logro de los objetivos estratégicos de la empresa. El documento de lineamientos estratégicos se compone de: misión y visión de la empresa, objetivos alineados con la estrategia de la empresa, acciones o iniciativas para alcanzar dichos objetivos y responsables a nivel del área.

VISION DE SANTA LUISA

Santa Luisa es una empresa minera, con reservas de mineral que garantizan su sostenibilidad y permiten su crecimiento en el largo plazo, que opera con eficiencia, respeto al medio ambiente, responsabilidad social y está comprometida con el desarrollo de su personal y de su entorno.

MISION DE SANTA LUISA

Producir concentrados de minerales básicos eficientemente, con altos estándares de seguridad en el trabajo y preservando el medio ambiente, utilizando tecnología que permita operar con rentabilidad, creando valor para los accionistas, y oportunidades de desarrollo para sus trabajadores y la sociedad.

Comprometidos a desarrollar nuestras operaciones en constante innovación para darle valor a nuestras actividades, trabajando en equipo y con calidad para lograr resultados eficaces, en un ambiente de confianza como base para mantener relaciones institucionales

LOS VALORES

Integridad : Para que nuestras acciones se desarrollen con entereza moral y probidad.

Respeto: Para afianzar nuestra relación con los grupos de interés y velar por la preservación del medio ambiente.

Lealtad: Para firmar nuestro compromiso con la empresa y sus integrantes.

Transparencia: Para informar de manera objetiva y oportuna, acerca de nuestras actividades.

Solidaridad: Para coadyuvar al desarrollo sostenible del entorno

5.3 Análisis de factores externos.

Los factores externos:

OPORTUNIDADES

- O1** Existen en el mercado empresas especializadas en capacitación en temas de seguridad y control de pérdidas.
- O2** Existen Sistemas de Gestión de Seguridad, tales como: NOSA, ISTECS, DUPONT, OHSAS -18001, ISO: 14001, etc., a los que se podría solicitar en caso necesario.
- O3** Precios altos de los metales en el mercado internacional
- O4** Relativa pacificación minera a nivel nacional
- O5** Crecimiento económico a nivel de regiones por el incremento del canon minero, que coadyuva la pacificación de los comuneros.
- O6** Diversidad de proveedores y empresas especializadas lo cual conduce a negociaciones para realizar trabajos a bajo costo.

AMENAZAS

- A1** Precios de los metales controlados por el mercado internacional
- A2** La legislación de Seguridad e Higiene Minera cada vez mas estricto.
- A3** Las fundiciones y refinerías exigen mejor calidad de concentrados
- A4** Conflictos sociales en las comunidades en contra la minería.
- A5** Mayor importancia por la preservación del Medio Ambiente y cumplimiento de la legislación ambiental.

5.4 Análisis de factores internos.

Los factores Internos:

FORTALEZAS

- F1** Se viene implementando el Sistema Integrado de Gestión de Seguridad (SIH) herramienta importante para la organización de la Compañía Minera Santa Luisa.
- F2** Se cuenta con personal de experiencia en la organización.
- F3** Todo el personal está en constante capacitación en seguridad
- F4** Alto nivel de reservas probadas y probables de mineral
- F5** Alta disponibilidad de equipos de mina en operaciones mineras.
- F6** Tecnología de comunicaciones rápidas y oportunas.
- F7** Las operaciones mineras son mecanizadas mediante equipos pesados.
- F8** Ubicación de la mina cerca de Lima

DEBILIDADES

- D1** Talleres de mantenimiento alejados de las operaciones mineras.
- D2** Altos costos de transporte de mineral de mina (Palca) a planta concentradora.
- D3** Falta personal calificado de mantenimiento en la planta concentradora.
- D4** Falta de normas de medidas disciplinarias en la organización
- D5** El sindicato de obreros y de empleados no están identificados con la empresa.
- D6** No hay área de Recursos Humanos en la unidad minera de producción de Huanzalá.

5.5 Análisis y selección de las estrategias

Se han considerado las siguientes estrategias:

ESTRATEGIAS (FO)

- ✓ Concluir con la implementación y la certificación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud ocupacional con los recursos propios de la empresa a fin de garantizar una operación segura y de calidad (F1,O2, O3).

- ✓ Continuar con las perforaciones diamantinas a fin de mantener el alto nivel de reservas probadas y probables, y así alargar las operaciones mineras (F4,O3,O5)
- ✓ Reemplazar los equipos mineros obsoletos y mantener la alta disponibilidad de equipos de mina (F5, O3, O6).
- ✓ Implementar un sistema moderno y mecanizado de cubicación de reservas – Medsystem (F2,O3).
- ✓ Con operaciones mecanizadas con que cuenta Santa Luisa puede mejorar su productividad

ESTRATEGIAS (FA)

- ✓ Mantener la cultura de prevención en seguridad y conservación del medio ambiente (F4, A5)
- ✓ Mantener una alianza estratégica con las comunidades campesinas para proyectos de inversión (F4,A2, A4,A5)
- ✓ Desarrollar investigación metalúrgica a fin de mejorar la calidad de los concentrados de Zn y Pb (F4,A3)

ESTRATEGIAS (DO)

- ✓ Tercerizar los servicios de mantenimiento mina y planta concentradora (D1, O3)
- ✓ Involucrar a los trabajadores y miembros del sindicato de obreros y empleados a mantener una cultura de prevención en seguridad y conservación del medio ambiente. (D5, O3).
- ✓ Involucrar como socios estratégicos a los miembros del sindicato de obreros y de empleados mediante una educación, capacitación y sensibilización (D5, A3).
- ✓ Capacitación y entrenamiento al personal de mantenimiento de mina y planta concentradora, a fin de brindar un mantenimiento efectivo y oportuna.

ESTRATEGIAS (DA)

- ✓ Implementar el área de Recursos Humanos en la unidad minera, a fin de reducir los conflictos sindicales con los trabajadores sindicalizados de la empresa, empresas especializadas y conflictos sociales con las comunidades (D6, A5, A2)
- ✓ Implementar la política de medidas disciplinarias, a fin de cada trabajador cumpla con sus responsabilidades en las zonas de operación y evitar los incidentes/accidentes (D5, A5)

- ✓ Construcción de talleres de mantenimiento cerca de las operaciones mineras. (D1, A1)

5.6 Manejo del Plan estratégico Institucional de control de riesgos de la compañía.

OBJETIVOS INSTITUCIONALES DE CONTROL DE RIESGOS

1. Contribuir a reducir la ocurrencia de incidentes y accidentes, que ocasionan pérdidas de producción, lesiones personales, daños a equipos e instalaciones.
2. Fiscalizar el cumplimiento de normas del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS-046-2001-EM), los procedimientos y las demás herramientas de gestión establecidos en el Sistema Integrado de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de Huanzalá.
3. Contar con personal de alto desempeño en las diferentes áreas o secciones de trabajo de la unidad minera, a fin de realizar trabajos seguros y de calidad.

Objetivo Estratégico N° 1:

Nombre del Objetivo Estratégico

Contribuir a reducir la ocurrencia de incidentes y accidentes, que ocasionan pérdidas de producción, lesiones personales, daños a equipos e instalaciones.

Actividades:

- Cumplimiento de las herramientas de gestión del sistema integrado (Check List, formatos de trabajos especiales, procedimientos, etc.) por parte de los jefes de área, con el fin de controlar pérdidas de producción, lesiones y daños a equipos e instalaciones.
- Formular el planeamiento de seguridad y salud ocupacional de sus áreas.
- Capacitar a los jefes de área y residentes de las empresas contratistas en temas de seguridad y salud ocupacional con el fin de fomentar una cultura preventiva.

- Observación de tareas sobre el cumplimiento de las herramientas de gestión.
- Fomentar la cultura de prevención de riesgos en la unidad de producción.

Indicador del objetivo

Costo total de los incidentes y/o accidentes

Objetivo Estratégico N° 2:

Nombre del Objetivo Estratégico

Fiscalizar el cumplimiento del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, de los procedimientos y normas establecidos en el Sistema Integrado de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de Huanzalá.

Actividades:

- Realizar inspecciones y auditorias conjuntamente con los jefes de área, para reducir los actos y condiciones inseguras.
- Elaborar la Solicitud de Acciones Correctivas (SAC) a las No conformidades y observaciones. Así mismo, realizar el seguimiento de las acciones tomadas por las áreas para el levantamiento de las SAC.
- Revisar y mejorar los procedimientos de trabajo, conjuntamente con los jefes de área.

Indicador del objetivo:

El porcentaje (%) de cumplimiento de las Solicitudes de Acciones Correctivas

Objetivo Estratégico N° 3:

Nombre del Objetivo Estratégico

Contar con personal de alto desempeño en sistema de gestión de seguridad en las diferentes áreas o secciones de trabajo de la unidad minera.

Actividades:

- Desarrollar un plan de capacitación y entrenamiento para el personal en trabajos específicos, con el propósito de contar con personal calificado a fin de realizar trabajos de calidad.
- Desarrollar un plan de visitas a las minas exitosas que han implementado el sistema de gestión de seguridad, tanto a los supervisores de primera línea, como a los trabajadores.
- Motivar al personal para el mejor desempeño de sus funciones.

Indicador del objetivo

El porcentaje (%) de cumplimiento del programa de capacitación.

5.7 Costo-Beneficio sobre el Planeamiento estratégico de control de pérdidas.

Un planeamiento estratégico de control de pérdidas bien llevado e implementado generará beneficios a la Compañía Minera Santa Luisa.

Costos del planeamiento estratégico:

Se ha determinado los costos del planeamiento en los siguientes rubros:

- Requiere trabajos mineros dentro de las labores subterráneas para construir un taller de mantenimiento en interior mina, a fin de mejorar el mantenimiento preventivo y predictivo.
- Generación de impactos al medio ecológico: flora y fauna, como producto de la ocupación del suelo para la instalación de máquinas perforadoras diamantinas para trabajos de exploración.
- Alteración del paisaje.- Producidos por la alteración de la topografía y al medio biológico: flora y fauna, como producto de la apertura de la nueva vía de acceso de volquetes que trasladan mineral de la mina Palca hacia la planta concentradora de Huanzalá, y evitar el ingreso a la localidad de Huallanca, a fin de evitar problemas sociales con la población.
- Capacitación y entrenamiento a todo el personal de supervisión de la empresa sobre el tema de planeamiento estratégico, con el fin de comprometer e involucrar para su cumplimiento. La empresa consultora del

planeamiento estratégico, tomará un tiempo prudencial para continuar con la capacitación del personal.

Beneficios del Planeamiento estratégico de control de pérdidas.

Realizando un análisis de las actividades los beneficios se darán en los siguientes rubros:

- Contribuir en reducir la ocurrencia de incidentes y accidentes, que ocasionan pérdidas de producción, lesiones personales, daños a equipos e instalaciones.
- Fiscalizar el cumplimiento de los procedimientos establecidos y demás herramientas del Sistema Integrado de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de Huanzalá.
- Contar con personal de alto desempeño en la mina.
- Optimización del valor de las operaciones, maximizando la producción y productividad de la empresa en forma segura y de calidad.
- Incremento del nivel de las reservas minerales y así garantizar una operación minera a largo plazo.
- Alcanzar un satisfactorio retorno sobre la inversión con una producción segura y libre de riesgos.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. El software Phase2 es una herramienta importante que permite determinar entre otras cosas el tipo de sostenimiento de labores, tipo de voladura a realizar, determina la sección de excavaciones subterráneas a realizar.
2. Durante el año 2007, el Ministerio de Energía y Minas (MEM), registró 62 accidentes fatales, de los cuales 15 se ocasionaron bajo la responsabilidad de las compañías mineras y 47 fueron por empresas especializadas de contratistas mineros. Registrándose una ligera reducción en comparación al año anterior que ocurrió 66 accidentes fatales, de los cuales, 37 accidentes fueron de empresas especializadas y 29 de compañías mineras. Durante el año 2007, el desprendimiento de rocas siguió siendo la principal causa de accidentes fatales, llegando a 23% (14 fatales) de todos los accidentes ocurridos durante el año mencionado. La intoxicación y radiación le sigue con un 18% (11 fatales), derrumbe, deslizamiento, soplado de mineral llega a ser el 13 % (8 fatales), el tránsito llega a ser el 11 % (6 fatales), manipulación de minerales el 5 % (3 fatales) y otros el 30 % (18 fatales).
3. El sistema de sostenimiento que más se utiliza en las labores de desarrollo, preparación y explotación en la mina Huanzalá de Santa Luisa, son los pernos cementados. Sin embargo, el sistema de sostenimiento shotcrete, cables bolting se utilizan en zonas de acuerdo al tipo de terreno y la tabla geomecánico. El costo de cada uno de los elementos de sostenimiento:

- Pernos cementados.....	\$ U 14.20 c/perno
- Cable bolting.....	\$ U 13.20 c/cable
- Shotcrete con fibra de acero, via húmeda..	\$ U 16.92 c/ m ²
- Shotcrete con fibra de acero, via húmeda...	\$ U 15.92 c/ m ²
- Enmallado	\$ U 17.08 c/ m ²

4. El Sistema de Gestión de Seguridad se encuentra en proceso de implementación, con un avance de aproximadamente de 85-90%. El índice de accidentabilidad de la empresa deberá mejorar a medida que el Sistema Integrado de Seguridad de Huanzalá avance en forma progresiva y el desenvolvimiento de la alta gerencia.
5. El equipo de sostenimiento que viene utilizando Santa Luisa, es mediante los Robolts (2unidades), equipos mecanizados, por lo que, es una gran ventaja para las operaciones y no hay contacto directo entre el trabajador y el techo de labores, por lo tanto, los riesgos de caída de rocas son menores en este tipo de trabajos.
6. Hay una buena disponibilidad de equipos pesados para la mina, lo cual facilita las operaciones y evita las paralizaciones intempestivas. Esto permite una buena disponibilidad de equipos para un buen trabajo de sostenimiento y por ende, evitar accidentes.
7. El yacimiento de Santa Luisa presenta zonas de alto riesgo (Tipo de roca III-B- Regular "B" y IV Mala "A") de acuerdo a la clasificación del macizo rocoso, pero, con los equipos Robolts que cuenta la empresa, en alguna forma garantiza una operación segura, equipos que perforan y colocan 40 a 50 pernos helicoidales cementados por guardia, permitiendo un sostenimiento adecuado.

6.2 Recomendaciones

1. Progresivamente se debe implementar el sostenimiento de pernos cementados, cable bolting, shotcrete, y enmallado, hasta el tope de las labores mineras de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica, a fin de estabilizar mejor el techo de la labor y brindar al personal una labor segura.
2. Implementar el área de Recursos Humanos en la unidad minera de Huanzalá, con el fin de brindar más apoyo a los trabajadores de la empresa Santa Luisa. A fin de canalizar en forma adecuada las buenas relaciones laborales, tanto, con los trabajadores, los dirigentes de los sindicatos de obreros y empleados, reduciendo de esta forma los problemas laborales (paradas de operación por huelgas en forma reiterada).
3. Intensificar la capacitación y la sensibilización a los jefes de división y supervisores de primera línea, sobre el sistema integrado de seguridad de Huanzalá (SIH), a fin de certificar en el presente año el sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS:18001-1999 y el Sistema de Gestión Ambiental ISO:14001-2004.
4. La capacitación a los supervisores y trabajadores en diversos temas de operación, se debe realizar en forma independiente a sus días libres y no aprovechar los días libres que deben usar para el descanso del personal. Los días libres o de descansos es con el fin que el personal descanse y estar con su familia.
5. La gerencia de operaciones y demás gerencias deben practicar y predicar el liderazgo con el ejemplo, a fin de que cada uno de los trabajadores tomen conciencia, observando el mejor desempeño de la cultura de seguridad dentro de la organización.
6. La gerencia de operaciones debe tomar medidas adecuadas a fin de evitar la alta rotación de los supervisores, planteando una política clara y transparente sobre la política de trabajo en la organización. La alta rotación del personal en

una organización es negativo desde todo punto de vista; debido a que el supervisor toma un tiempo para conocer las operaciones, conocer al personal, etc., y realizar una labor eficiente.

7. La operación de las labores mineras en Santa Luisa es mecanizada, donde la perforación, acarreo, relleno y sostenimiento se realizan mediante equipos pesados, por lo que, el desgaste físico de los trabajadores es menor. Es una fortaleza que tiene la empresa, y se debe aprovechar para mejorar aún la productividad, con una redistribución adecuada de equipos.
8. En la parte baja de la zona de Carlos Alberto (A) y parte baja de Carlos Alberto (B), deben realizar trabajos de perforación con el equipo Raise Bore, a fin de preparar labores verticales (chimeneas), con el objetivo de insuflar aire fresco desde superficie hacia interior mina y así mejorar el sistema de ventilación. Actualmente la zona se encuentra muy saturada con presencia de gases de CO y NO₂, dificultando la visibilidad al personal a realizar un buen desate de rocas y un sostenimiento adecuado, lo más importante es brindar al personal un ambiente limpio.

6.3 Referencias Bibliográficas.

- 1.- Ing. Córdova David R. Análisis de Esfuerzos y Deformaciones, año 2003. Pag. 9.
- 2.- Goodman Richard E. 1980 – Introducción to rock mechanics- University of California at Berkeley – John Wiley & Sons – USA. Pag. 478 y 479.
- 3.- Manuel DIPS. 2000, versión 2.2, Departamento de Ingeniería Civil y Mecánica de Rocas - Universidad de Toronto – Canadá. Pag. 105.
- 4.- Revista de Minas y Petróleo, 2004, Semanario Minero, N° 527, Pag.7
- 5.- Manual Examine. 2000, versión 3.1 Departamento de Ingeniería Civil y Mecánica de Rocas - Universidad de Toronto-Canadá. Pag. 60
- 6.- Revista Minería, Mayo-2006, Órgano Informativo del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Pag. 16
- 7.- Revista de Seguridad Minera, julio-Agosto 2006. Publicación del Instituto de Seguridad Minera (ISEM). Pag. 4
- 8.- Sernageomin (Servicio Nacional Geológico Minero de Chile 2003 – Curso Internacional Gestión Integral de Operaciones Mineras. Pag. 300.
- 9.- Stag & Zienkiewicz (Editores) 1970- Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica – Edit.Blume – Madrid – Barcelona – España. Pag. 398.
- 10.- Minas y Petróleo, Semanario Minas y Petróleo, 15 de mayo 2007.¿que hacer para prevenir la caída de rocas?. Pag. 6 y 7
- 11.- Azcuénaga Linaza Luis, Gestión Integrada de la Prevención de Riesgos Laborales. Impresión: Gráficas Txuri Urdiñ. S.A. Pag.35 y 45