

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en

UEA. Alpamarca – Compañía Minera Chungar SAC.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Lizandro Luis INGA CELIS

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en

UEA. Alpamarca – Compañía Minera Chungar SAC.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elias SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°085-JUIFIM-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: INGA CELIS, Lizandro Luis

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

**REFORZAMIENTO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES
SUBTERRANEAS DE DRENAJE NIVEL 400, PARA MEJORAR
LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD, EN UEA. ALPAMARCA –
COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.**

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián Benavides Chagua

Índice de Similitud: 2%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 07 de marzo 2024



Firmado digitalmente por AGUIRRE
ADAUTO Agustín Arturo FAU
20154605048 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 07-03-2024 10:53:27 -05:00

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

Dedico con gratitud profunda a Dios, mi familia y amigos,
quienes, con su gracia, sabiduría y amor,
me impulsan a crecer, a ser un hombre de bien cada día,
con sus enseñanzas que iluminan mi camino,
y consejos que fortalecen mis pasos.

A mi familia, faro de afecto incondicional,
y amigos, pilares de apoyo constante,
les dedico mi éxito y gratitud sincera,
por ser mi fuerza y sostén en toda circunstancia.

En su amor invariable encuentro fortaleza,
en su respaldo incondicional, la certeza,
que, con ellos, mis metas son alcanzables,
y mi vida, bendecida.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mis amigos del trabajo por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus consejos y conocimientos han sido fundamentales para dar forma a este trabajo.

Agradezco también a los docentes de la facultad de ingeniería de minas, por sus sugerencias y aportes durante las discusiones académicas que enriquecieron el contenido de esta tesis.

Agradezco a mis amigos y familiares por su comprensión, ánimo y apoyo incondicional durante este período de estudio. Sus palabras de aliento fueron motor invaluable en cada momento.

Finalmente, agradezco a todos los participantes y colaboradores que brindaron su tiempo y conocimientos para la realización de los estudios que forman parte de este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo detalla el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400. Las cuales tiene como principales actividades y elementos involucrados:

Labores Preliminares y Temporales: Incluyen preparación inicial del sitio, instalaciones temporales y desmontaje posterior.

Instalación de Pernos para Sostenimiento: Utilización de barras helicoidales de acero de 2.1 m de longitud y 22 mm de diámetro, rellenas con cartuchos de resina y/o cemento, espaciamiento y alineación según recomendaciones geomecánicas, pruebas de resistencia mínima de 24 toneladas (prueba de arranque), sustentación de pernos instalados para validación.

Colocación de Malla Electrosoldada: Diseño de la malla utilizada, traslape de estas, resistencia, aplicación con equipos.

Lanzado de Shotcrete (Hormigón Proyectado): Aplicación vía húmeda, proporción de agregados, requisitos de rebote y resistencia especificados.

Instalación de Cable Bolting: Cable de acero de 0.6" con longitud de 6 metros, elementos como bulbos de resina, clips de sostenimiento, y placas de soporte e inyección de cemento.

Instalación de Arco Noruego con Malla Electrosoldada: Utilización de malla electrosoldada y estructuras prefabricadas de fierro corrugado, cubrimiento con shotcrete de alta resistencia.

Servicios Auxiliares: Instalación de cáncamos para tuberías de bombeo y energía eléctrica, estandarización de labores.

Costos de ejecución: Costos de los elementos utilizados, incluyendo cantidad de pernos, mallas, shotcrete, cables, y otros materiales, costos totales estimados y desglosados por categoría (sostenimiento, equipos, costos generales).

Palabras Claves: Tipos y diseños de sostenimiento, costo, ejecución y minimizar los riesgos por desprendimiento de rocas.

ABSTRACT

This work details the reinforcement of the support of underground drainage works at level 400. The main activities and elements involved are:

Preliminary and Temporary Work: Includes initial site preparation, temporary installations and subsequent disassembly.

Installation of Support Bolts: Use of helical steel bars 2.1 m long and 22 mm in diameter, filled with resin and/or cement cartridges, spacing and alignment according to geomechanical recommendations, minimum resistance tests of 24 tons (test of start), support of bolts installed for validation.

Placement of Electrowelded Mesh: Design of the mesh used, overlap of these, resistance, application with equipment.

Shotcrete Launching: Wet application, proportion of aggregates, specified rebound and strength requirements.

Cable Bolting Installation: 0.6" steel cable with a length of 6 meters, elements such as resin bulbs, support clips, and support plates and cement injection.

Installation of Norwegian Arch with Electrowelded Mesh: Use of electrowelded mesh and prefabricated corrugated iron structures, covered with high resistance shotcrete.

Auxiliary Services: Installation of eyebolts for pumping and electrical energy pipes, standardization of work.

Execution costs: Costs of the elements used, including the number of bolts, mesh, shotcrete, cables, and other materials, estimated total costs and broken down by category (sustainment, equipment, general costs).

Keywords: Types and designs of support, cost, execution and minimizing risks due to rockfall.

INTRODUCCIÓN

El reforzamiento de las labores mineras subterráneas requiere de una meticulosa planificación y ejecución de diversas técnicas de sostenimiento para garantizar la seguridad estructural y operativa del entorno minero. Este proceso no solo implica la instalación de elementos físicos como pernos, mallas electrosoldadas, shotcrete y cable bolting, sino también la coordinación logística integral que asegure la eficiencia y cumplimiento de estándares de calidad exigidos.

Ejecución Integral del Proyecto

La ejecución de los trabajos de reforzamiento abarca desde las labores preliminares hasta la instalación de estructuras temporales necesarias para el proceso. Esto incluye el transporte y suministro de equipamiento y personal, así como la gestión de residuos y limpieza de las zonas operativas una vez finalizados los trabajos. Todo el proceso está diseñado para minimizar el impacto ambiental y garantizar la integridad de las estructuras geológicas y rocosas adyacentes.

Instalación de Pernos para Sostenimiento

Los pernos helicoidales, fundamentales para el sostenimiento según recomendación geomecánica, son instalados con métodos mecanizados utilizando equipos como el jumbo emperador. Este proceso incluye el inyectado de cartuchos de resina y/o cemento para asegurar su fijación adecuada, con el objetivo de mantener la estabilidad de las estructuras frente a las fuerzas geológicas y operativas presentes en el entorno minero. La validación de cada instalación mediante pruebas rigurosas asegura que cumplen con los estándares de resistencia mínima exigidos.

Colocación de Malla Electrosoldada

La malla electrosoldada se adhiere completamente a la superficie rocosa, proporcionando un soporte adicional mediante su colocación de gradiente a gradiente y traslape de 3 cocadas. Esta técnica es crucial para prevenir el desprendimiento de material rocoso y asegurar la seguridad continua de las operaciones subterráneas, manteniendo la integridad estructural de las galerías y túneles.

Lanzado de Shotcrete

El shotcrete vía húmeda, aplicado con equipos robotizados de alta eficiencia, constituye una capa protectora y reforzante sobre las superficies tratadas. Su diseño meticuloso incluye componentes como cemento, fibras metálicas y aditivos especiales para garantizar una resistencia óptima a compresiones y condiciones ambientales extremas. Esta técnica es esencial para la estabilización inmediata de áreas críticas dentro del nivel Nv. 400, asegurando condiciones operativas seguras y duraderas.

Instalación de Cable Bolting

El sistema de cable bolting, complementario al uso de pernos helicoidales y malla electrosoldada, se implementa con cableado de acero reforzado y bulbo tipo jaula en casos específicos. Su instalación precisa y asegurada mediante pruebas de tensión garantiza una resistencia nominal que contribuye significativamente al refuerzo estructural y geotécnico necesario para las labores mineras subterráneas.

Instalación de Arco Noruego con Malla Electrosoldada

El sistema de arco noruego, integrado con malla electrosoldada y estructuras prefabricadas de fierro corrugado, ofrece una solución avanzada y eficiente para el sostenimiento estructural. Este método innovador reemplaza la tradicional cimbra metálica, proporcionando una mayor resistencia y durabilidad gracias a la combinación de materiales de alta calidad y técnicas de instalación especializadas.

Gestión Logística y Costos

La gestión logística integral del proyecto abarca el suministro de equipos, materiales y personal especializado, así como la implementación de medidas de seguridad y medioambientales. Los costos asociados son detalladamente calculados para incluir todos los elementos necesarios, asegurando una ejecución eficiente y dentro del presupuesto establecido, con consideraciones específicas para minimizar el impacto de factores externos como emergencias sanitarias.

En conclusión, el reforzamiento del sostenimiento de las labores mineras existentes en el Nv. 400 representa un desafío técnico y logístico significativo, que

requiere la aplicación precisa de múltiples técnicas de ingeniería y el cumplimiento estricto de normativas de calidad y seguridad. La implementación exitosa de estas medidas asegura no solo la estabilidad estructural, sino también la continuidad segura de las operaciones mineras en un entorno subterráneo exigente y dinámico.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1 Delimitación espacial.....	2
1.2.2 Delimitación temporal	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problema Específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
2.2. Bases teóricas científicas.....	9

2.2.1. Método de explotación	9
2.2.2. Diseño del tajo Norte Alpamarca	9
2.2.3. Geomecánica del macizo rocoso.....	13
2.2.4. Sostenimiento.....	14
2.2.5. Sostenimiento con madera	17
2.2.6. Sostenimiento con cimbras.....	21
2.2.7. Sostenimiento con mallas metálicas.....	23
2.2.8. Sostenimiento con shotcrete	24
2.2.9. Sostenimiento con pernos	26
2.2.10. Sostenimientos con cables	30
2.3. Definición de términos conceptuales.....	31
2.4. Enfoque filosófico - epistémico	33

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación	34
3.2. Nivel de investigación	35
3.3. Característica de la investigación.....	35
3.4. Métodos de investigación	35
3.5. Diseño de investigación	35
3.6. Procedimiento del muestreo	36
3.6.1. Población	36
3.6.2. Muestra	36
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36

3.7.1. Técnicas.....	36
3.7.2. Instrumentos.....	36
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	37
3.9. Orientación ética.....	37

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	38
4.1.1. Generalidades de la mina Alpamarca.....	38
4.1.2. Trabajo de campo	40
4.1.3. Reforzamiento del sostenimiento de labores de drenaje subterráneas (Rampa y crucero) nivel 400.....	43
4.1.4. Cronograma de construcción.....	44
4.1.5. Sostenimiento de la Rampa 400 y Crucero	47
4.1.6. Servicios auxiliares.....	58
4.1.7. Requerimientos ambientales	60
4.1.8. Requerimiento de seguridad y salud ocupacional.....	63
4.1.9. Costos de ejecución	66
4.1.10. Organigrama	67
4.1.11. Resumen del sostenimiento	67
4.2. Discusión de resultados.....	70

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista panorámica de la mina Alpamarca.	9
Figura 2: Parámetros de la vía de acceso	10
Figura 3: Sección seudo estática no drenada pared Oeste.	13
Figura 4: Sección seudo estática no drenada Pared Este.	14
Figura 5: Sostenimiento activo – Pernos.	15
Figura 6: Sostenimiento activo pernos y cables.	16
Figura 7: Sostenimiento pasivo mallas, cimbras.	17
Figura 8: Sostenimiento pasivo shotcrete, cuadros de madera.	17
Figura 9: Sostenimiento con madera.	18
Figura 10: Elementos de un cuadro.	19
Figura 11: Cuadro recto	20
Figura 12: Cuadros cónicos.	20
Figura 13: Cuadros cojos	21
Figura 14: Arcos rígidos	23
Figura 15: Arcos deslizantes	23
Figura 16: Shotcrete vía húmeda.	25
Figura 17: Shotcrete vía seca.	25
Figura 18: Pernos de fricción.	27
Figura 19: Pernos con anclaje expansivos	28
Figura 20: Pernos de adhesión	29
Figura 21: Sostenimiento con cable	31
Figura 22: Plano geográfico de ubicación de la mina.	39
Figura 23: Ubicación de la mina.	40
Figura 24: Plano de la rampa de sostenimiento Nv 400.	43
Figura 25: Sección longitudinal Nv 400 – corte A-A´	44

Figura 26: Sección longitudinal Nv 400 – corte B-B´	44
Figura 27: Caracterización del tipo de roca y fallas adyacentes al proyecto de rampa.	46
Figura 28: Instalación de pernos sistemático	48
Figura 29: Instalación de perno y malla.....	48
Figura 30: Desatado de rocas.....	49
Figura 31: Sostenimiento con perno y malla.	49
Figura 32: Resultados del sostenimiento.....	49
Figura 33: Instalación de Shotcrete y Perno.....	51
Figura 34: Instalación de Shotcrete, Malla, Perno.....	51
Figura 35: Modelo de malla para la instalación de Cable Bolting.	53
Figura 36: Ciclo de instalación de Cable Bolting.	53
Figura 37: Modelo de Arco Noruego con Malla Electrosoldada, Grapas.	54
Figura 38: Instalación de Malla electrosoldada y grapas.....	54
Figura 39: Malla electrosoldada y grapas instaladas con pernos sobre shotcrete. ...	55
Figura 40: Malla electrosoldada y grapas instaladas con pernos y resina.	55
Figura 41: Sostenimiento completo Arcos Noruegos con Malla, grapas, perno y shotcrete.....	56
Figura 42: Armado de estructura metálica.....	56
Figura 43: Colocación de Shotcrete.	57
Figura 44: Resultados del sostenimiento.....	57
Figura 45: Organigrama.	67
Figura 46: Pernos Helicoidales.	68
Figura 47: Malla electrosoldada.	68
Figura 48: Shotcrete.	69
Figura 49: Arcos Noruegos.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros geométricos del tajo Alpamarca	10
Tabla 2: Requerimiento de perforadoras.	11
Tabla 3: Parámetros de perforación	11
Tabla 4: Parámetros de voladura	11
Tabla 5: Explosivos y accesorios de voladura.	12
Tabla 6: Equipos de carguío.....	12
Tabla 7: Equipos de transporte.....	13
Tabla 8: Accesibilidad a la mina.	39
Tabla 9: Cronograma.....	45
Tabla 10: Clasificación del macizo rocoso y tipo de sostenimiento	46
Tabla 11: Elementos de sostenimiento propuesto Nv 400.	58
Tabla 12: Distribución de personal empleados.	60
Tabla 13: Distribución de personal obrero	60
Tabla 14: Requerimientos ambientales.	61
Tabla 15: Riesgos críticos ambientales.	62
Tabla 16: Matriz de grado de riesgo de alcance del servicio	64
Tabla 17: Costos.	66
Tabla 18: Resumen de sostenimiento.	67

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

El desarrollo de la minería en estos últimos años plantea nuevos retos en todo su proceso productivo, económico, ambiental, social, tecnológico, del cual debemos ser conscientes para no quedarnos relegados o fracasar.

Analizando uno de estos aspectos dentro del proceso de minado en el del sostenimiento subterráneo en la Mina Alpamarca.

Las operaciones mineras en Alpamarca comienzan alrededor de la década de 1950 del siglo pasado y posteriormente se desarrollaron distintas etapas hasta la década de 1980.

En un inicio se comenzó a explotar por minería subterránea pero posteriormente las operaciones fueron requiriendo del método a tajo abierto, es así como se abren los tajos Nito y Don Pablo, en principio a una pequeña escala. Las operaciones de minería a cielo abierto abarcan una extensión de 64766 hectáreas.

Actualmente, Alpamarca es una minera que tiene una producción de minera polimetálica principalmente Plata, cobre, plomo y zinc. Sus operaciones están presentes en la zona central de Perú

Ahora bien, la unidad minera Alpamarca presenta un problema específico que consiste en las filtraciones naturales de agua desde el nivel 400 a través de las cunetas de los túneles de la mina y que llega hasta la entrada de la mina, desde donde es conducida por canalización de concreto con una longitud de 300 mts. Para posteriormente ser liberado en el cauce natural que desemboca en la laguna Aguascocha.

Partiendo de este escenario se puede apreciar que se viene utilizando el nivel 400 a través de la rampa y crucero en los cuales hay necesidad de realizar un reforzamiento del sostenimiento para garantizar la continuidad de las labores.

En este sentido la presente investigación plantea realizar la ejecución de reforzamiento de sostenimiento de labores subterráneas de drenaje Nivel 400 crucero y rampa negativa de 4.0 m x4.0 m y una longitud total de 1,018 m de los cuales solo se sostendrán 728 metros.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1 Delimitación espacial

La presente investigación se desarrollará en la Unidad Minera Alpamarca de Volcán Compañía Minera S.A.A, que se encuentra ubicada a 4,700 m.s.n.m. en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia de Yauli, Región Junín, a 182 kilómetros al Nor este de la ciudad de Lima.

1.2.2 Delimitación temporal

El tiempo estimado en de medio año iniciándose en julio y finalizando en diciembre del 2022.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera podemos realizar el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC?

1.3.2. Problema Específicos

Problema específico a:

¿Al realizar el sostenimiento con pernos y malla electrosoldada que procedimiento se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC?

Problema específico b:

¿Al realizar el sostenimiento con Shotcrete y cable que procedimiento se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo específico a:

Determinar el sostenimiento con pernos y malla electrosoldada que se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.

Objetivo específico b:

Determinar el sostenimiento con Shotcrete y cable que se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.

1.5. Justificación de la investigación

La realización de la investigación presenta las siguientes justificaciones:

Justificación técnica:

Técnicamente justifica su realización porque ayudara a reducir los problemas de sostenimiento que pueden ocasionarse a través del tiempo, debido a que realizaremos el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC y así evitar que colapse la rampa.

Justificación ambiental:

Desde el punto de vista ambiental vemos que ayudara a la circulación de las aguas que se generan, a través del nivel 400 y que desembocaran en la laguna Aguascocha, evitando la acumulación y contaminación de las aguas.

Justificación metodológica:

Justifica porque los conocimientos que se producen en la investigación sobre el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC, servirán como aporte para este tipo de estudio y poderse aplicar en otras minas.

1.6. Limitaciones de la investigación

Referente a las limitaciones que podríamos encontrar estimamos que no se presentara debido a que se cuenta con los recursos y apoyo necesario de parte de la empresa.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Al realizar la revisión de la literatura sobre el tema encontramos buena información sobre sostenimiento que realizan en las diferentes minas, así tenemos:

Primer antecedente

La tesis “PROPUESTA DE MEJORA EN LA FORTIFICACIÓN EN MINA CERRO NEGRO DEL 1 AL 12” presentado por (ASTUDILLO, TORO, 2020), cuyo objetivo fue ante la caída de rocas se plantea mejorar el sostenimiento en la mina cerro Negro.

Como conclusión se tuvo:

Los accidentes que más se producen es por desprendimiento de rocas, por lo que implementar un sistema de sostenimiento para las labores es de suma importancia.

La investigación comenzó con el estudio geomecanico lo cual determino el tipo de roca con RMR DE 59.66 de calidad media.

El sostenimiento elegido fue el sostenimiento pasivo con pernos helicoidales de 22 mm, 1.8 m, con separaciones de 1.15 m, se debe

complementar con mallas electrosoldadas y acompañadas con shotcrete de 5 mm de espesor.

El costo que significa realizar el sostenimiento es de 2.950.054 \$.

Segundo antecedente

La tesis “SOSTENIMIENTO MECANIZADO EN LABORES MINERAS, EN LA COMPAÑÍA DE MINAS VOLCAN S.A.A – UNIDAD DE PRODUCCION ANDAYCHAGUA” de (ESPINOZA, 2011) , la final que se plante es implementar un sistema mecanizado de sostenimiento en todos los tajeos y labores.

Como conclusión se tuvo:

Se logro reducir accidentes, se mejoró la recuperación del mineral, se contó con lugares más seguros de trabajo, el tiempo de explotación de optimiza, se pudo trabajar tajeos más amplios con equipos mecanizados, se redujo la utilización de la madera.

Se realizó el sostenimiento en función del tipo de roca y el tiempo de exposición de la labor abierta.

El índice de seguridad dinámico para los techos y paredes fue de 1.4 y para el estático fue de 1.28, para labores de 4 m x 4 m.

En cuanto a costos vemos que el sostenimiento mecanizado es más económico y de mejor calidad.

Tercer antecedente

La tesis “Desarrollo de herramientas de diseño para la estabilidad de excavaciones en mina Orcopampa” de (JIMENEZ, 2021) su objetivo es que los métodos de minado deben determinarse en función de la evaluación de la estabilidad de las excavaciones mediante los indicadores operativos, métodos empíricos y numéricos.

Como conclusión plantea:

La relación entre pernos y el macizo rocoso está en relación a la carga y la deformación axial lo que en muchos casos implica formular ábacos y tablas de data histórica.

La garantía de los softwares comerciales es la calidad de sus resultados de los esfuerzos, desplazamientos, deformaciones y modelamiento de pernos de roca

Se realizo un gran número de simulaciones para poder implementar estándares operacionales de sostenimiento y para a mejorar los costos y evitar los cuellos de botella.

Se logro contar con variables de riesgo operacionales, geomecánicas y de ventilación, reduciendo la incertidumbre de producción en 5 a 8 %.

Cuarto antecedente

La tesis “Selección de la alternativa óptima de sostenimiento en rampas para el control de inestabilidades subterráneas” de (ORELLANA, 2020) como objetivo plantea controlar la inestabilidad subterránea de las rampas mediante la selección de un sostenimiento optimo.

Como conclusiones se determinó que de acuerdo con los resultados Geomecánicos la rampa 315 tiene un RQD de 83.3 % de calidad buena.

Para el sostenimiento se determinó los pernos Helicoidal de 6 pies, con distribuciones de 1 m. x 1 m. también el uso de mallas electrosoldadas. Y shotcrete de 350 kg/m², teniendo un espesor de 2 pulgadas.

Quinto antecedente

La tesis “IMPLEMENTACIÓN DEL INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA MODIFICADO EN EL SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO PARA EL CONTROL DE ACCIDENTES POR CAIDA DE ROCAS EN MINA UCHUCCHACUA” de (MAMANI, 2014), la finalidad fue plantear la posibilidad de tener geológicamente un nivel de resistencia para las labores de sostenimiento

para de esta manera tener un rango de control sobre los posibles hechos accidentales en desprendimiento de rocas.

Como conclusión se planteó:

Con la aplicación de un índice para resistencia geológica se pudo mejorar el sostenimiento y controlar la caída de rocas.

El conocimiento de la geología nos ayudara a realizar el trabajo en forma correcta en este caso sobre el sostenimiento como establecer la dirección de avance el tamaño de la abertura, tiempo de excavación, el tipo de sostenimiento.

Los factores que limitan a la explotación son: estructuras adversas como fallas, discontinuidades, rocas alteradas, aguas subterráneas las que influyen en la selección del sostenimiento.

Los elementos de sostenimiento elegido son pernos helicoidal, shotcrete, mallas metálicas.

Sexto antecedente

La tesis “Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A.” de (SUASNABAR, 2019) plantea como objetivo al emplear equipos de sostenimiento se debe optimizar el sostenimiento en la mina Casapalca.

Como conclusión tuvo:

Los tipos de sostenimiento que más se emplearon en la mina fueron pernos cementados, shotcrete, cimbras.

En cuanto a los tiempos empleados en realizar el sostenimiento en las labores fueron con sostenimiento manual 6 horas/labor en promedio y en forma mecanizada fue de 2 hr. 40 min.

Referente a los costos se tiene sostenimiento manual 8.99 \$/perno y el mecanizado de 7,20 \$/perno.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Método de explotación

En la actualidad la producción de la Unidad Alpamarca alcanza un volumen aproximado de 2,625 TMS por día de operatividad. Este cálculo incluye las producciones individuales de los sectores Don Pablo, Anita Janita. (REYES, 2019).

Figura 1:

Vista panorámica de la mina Alpamarca.



2.2.2. Diseño del tajo Norte Alpamarca

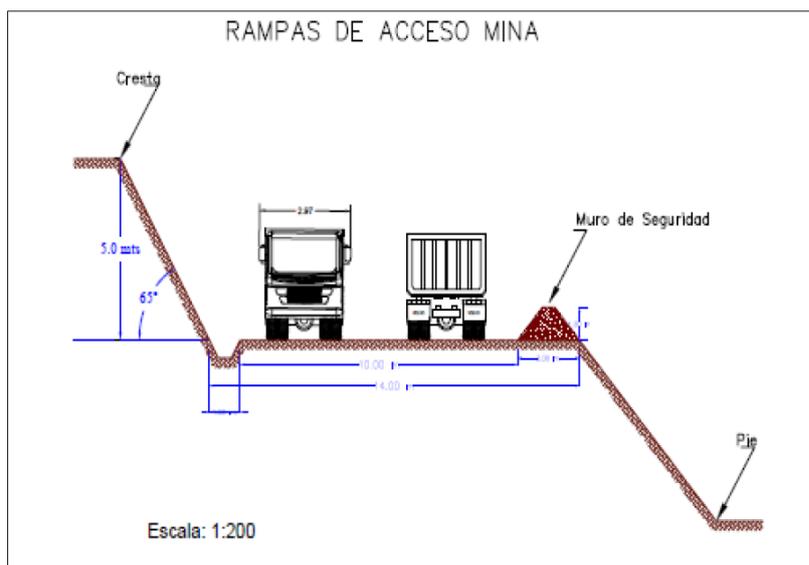
Se diseño teniendo en cuenta la estabilidad de taludes, equipos de mina, accesos al tajo, así tenemos los parámetros geométricos del tajo:

Tabla 1:
Parámetros geométricos del tajo Alpamarca

PARÁMETROS	UNID	CANTIDAD	COMENTARIOS
Altura de Banco	m	5.0	Reducción de dilución
Altura de doble banco	m	10.0	Altura de banco en límite final del tajo
Angulo de Talud de Banco	°	65 - 70	Variable según las recomendaciones del estudio de estabilidad de taludes
Berma de seguridad	m	5.7	Son distintos para diferentes ángulos de taludes en los diferentes sectores.
Ángulo de talud Ínter rampas	°	48 y 38	Variable según los sectores del tajo.
Radio de curvatura	m	9.20	Radio medio.
Ancho de rampa	m	14	Por dimensión de equipos
Ancho de banco operacional	m	26.0	Determinado en el estudio
Gradiente de Rampa	%	10.0	máximo

Parámetros de la vía de acceso:

Figura 2:
Parámetros de la vía de acceso



Operaciones unitarias

Para la explotación del tajo las labores unitarias contempladas son perforación, voladura, acarreo y transporte.

Perforación

Para la perforación se cuenta con 4 perforadoras de las siguientes características.

Tabla 2:
Requerimiento de perforadoras.

Cant.	Marca	Modelo	Observación
1	EPIROC	POWER ROCK T45	Diámetro 4"
1	EPIROC	POWER ROCK T45	Diámetro 4"
1	INGERSOLL RAND	DM45	Diámetro 6 3/4"
1	SOOSAN	STD 11E	Diámetro 4"

Parámetros de perforación

Tabla 3:
Parámetros de perforación

Tipo de roca	TR	Unidad	Mineral	Desmante
Altura de banco	Hb	m.	5	10.0 - 5.0
Diámetro de broca	Dbr	pul.	4	6 ¾"
Diámetro de taladro	Dt	m.	0.101	0.171
Densidad del material	δi	Tm/m3	2.77	2.54
Longitud de taladro	Lt	m.	5.5	10.50 - 5.50
Longitud de sobre perforación	Ls	m.	0.5	0.5
Espaciamiento	a	m.	3.5	6
Burden	b	m.	3.5	5.5

Voladura

Los parámetros considerados para las operaciones de voladura se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4:
Parámetros de voladura

PERFORACION	Unidad	Desmante	Mineral
Altura de banco	m	10	5
Sobre Perforación	m	0.5	0.5
Espaciamiento	m	6	3.5
Burden	m	5.5	3.5
Diámetro de Broca	m	0.171	0.101
Diámetro de Taladro	m	0.171	0.101
Densidad material	Tm/m ³	2.54	2.64
Toneladas por taladro	Tm/talad.	838	162
Rendimiento	TM/m	80	29
VOLADURA			
Mezcla Explosiva		Examon	Examon
Emulsión			
Anfo			
Densidad explosivo	Kg/m3	0.81	0.81
Tipo de Carga		C.Fondo	C.Fondo
Explosivo por Taladro	Kg	98.6	19.2
Factor de potencia	Kg/TM	0.118	0.119
Factor de carga	Kg/m ³	0.299	0.314

Los explosivos usados, así como los accesorios necesarios para la voladura se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5:
Explosivos y accesorios de voladura.

DISTRIBUCION DE CARGA	Unidad	Desmorte	Mineral
Altura de fondo	m	5	2.3
Taco Intermedio	m		
Deck	m		
Taco Superior	m	5.5	3.2
EXPLOSIVO			
Kilos Explosivo/Taladro		99	19
Examón	Kg	0	0
Emulsión	Kg	39	8
Nitrato de Amonio	Kg	56	11
Petróleo	Gl	1.11	0.22
ACCESORIOS x TALADRO			
Booster 1/2 Lb	Unid.	1	1
Cord. Det. 5 gr (taladro)	m.	10.8	5.8
Secuencia de disparo	para 40 tal		
Cord. Det. (Superficie)	m.	4.961	1.694
Mecha Lenta	m.	0.007	0.004
Fulminante	Unid.	0.041	0.016
Retardo superficial	Unid.	0.33	0.187
N° TALADROS			
N° de Taladros por turno	N° Tal/turno	36	64
N° de Taladros por día	N° Tal/día	73	128

Carguío

Tenemos:

Tabla 6:
Equipos de carguío

Cant.	Marca	Modelo	Observación
1	CAT	CAT 336 D2L	Capacidad 2.4 m3
1	CAT	CAT 336 D2L	Capacidad 2.4 m3
1	CAT	CAT 349 D2L	Capacidad 3.2 m3

Transporte

Se cuenta con 17 volquetes.

Tabla 7:
Equipos de transporte.

Cant.	Marca	Modelo	Observación
10	VOLVO	FX 480 8 X 4	Capacidad 20 m3
7	MERCEDES BENZ	ACTROS 4140	Capacidad 20 m3

2.2.3. Geomecánica del macizo rocoso

La geomecánica del cuerpo de rocas se determinó de la información existente tanto de la pared este y oeste, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 3:
Sección pseudo estática no drenada pared Oeste.

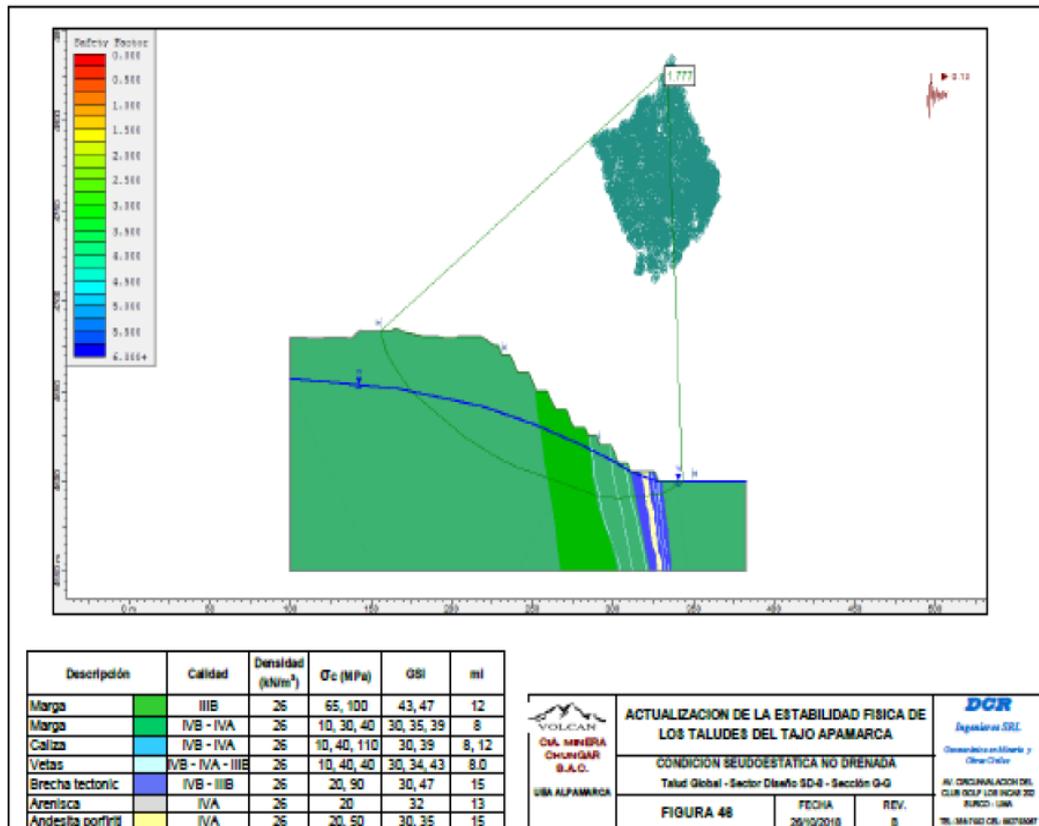
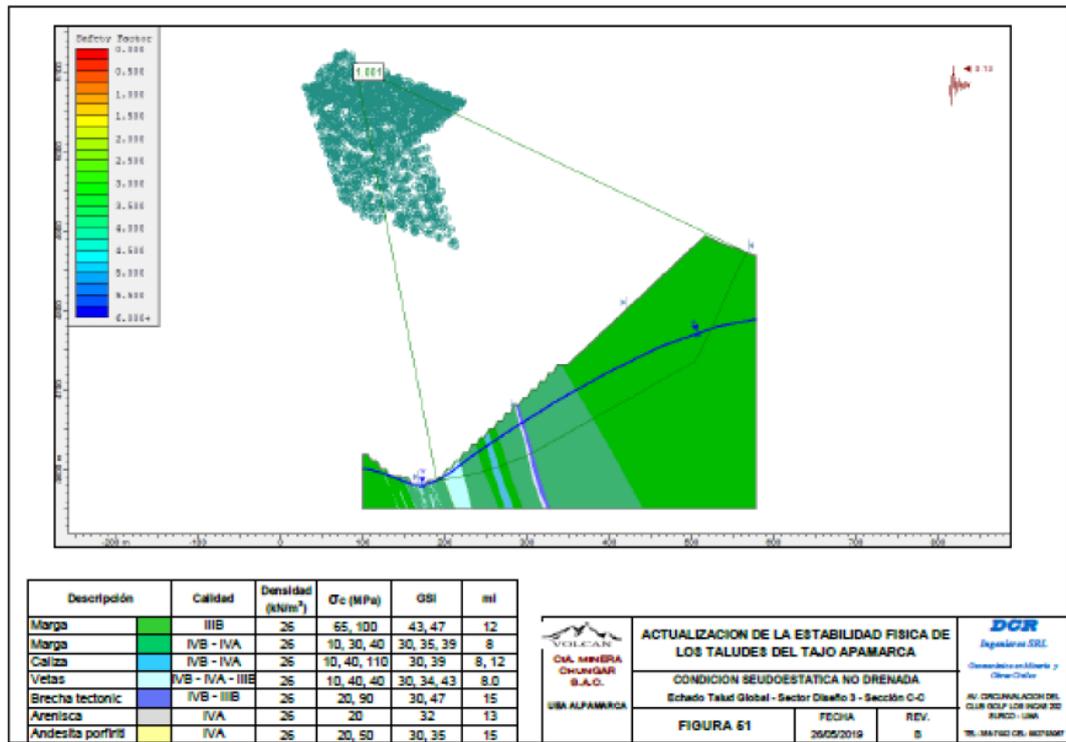


Figura 4:
Sección seudo estática no drenada Pared Este.



2.2.4. Sostenimiento

Posemos definirlo como el procedimiento que agrupa las acciones dirigidas garantizar a mantener la estabilidad de las zonas donde se desarrollen las labores de minería debido a que estas presentan unas escasas condiciones de auto sostenimiento para trabajos en niveles subterráneos. (ASTUDILLO, TORO, 2020).

Funciones básicas del sostenimiento

Dentro de las funciones básicas del sostenimiento podemos mencionar.

- Garantizar el cohesiona miento del terreno.
- Evitar que al fracturarse el material se desmorone.
- Reducir los movimientos de las secciones de piso, cajas y techo.
- Garantizar las condiciones de seguridad para las labores.
- Facilitar espacios de trabajo con las dimensiones necesarias para el tránsito del equipamiento, personas y la ventilación.

Clasificación del sostenimiento

Los mecanismos de este sistema pueden ser clasificados de dos maneras que a continuación se detallan:

Sostenimiento activo o reforzamiento

Este sistema consiste en reforzar la pared de roca aprovechando los recursos estructurales que la misma pared ofrece y así poder garantizar un sostenimiento efectivo optimizando elementos. (SANCHEZ, 2020).

Otra manera de entender este sistema es “utilizar estructuralmente la pared de roca con la finalidad de lograr que auto soporte sus propias cargas y la de las labores, haciendo que las sujete o sostenga desde que el sistema se instale para es necesario realizar modificaciones específicas a nivel estructural del cuerpo de roca que supone el uso de cargas externas a la pared de roca.” (ASTUDILLO, TORO, 2020).

Para este tipo de sistema generalmente se usan los métodos como el mortero o finita, el concreto proyectado y los puntales de anclaje en la roca.

Figura 5:

Sostenimiento activo – Pernos.

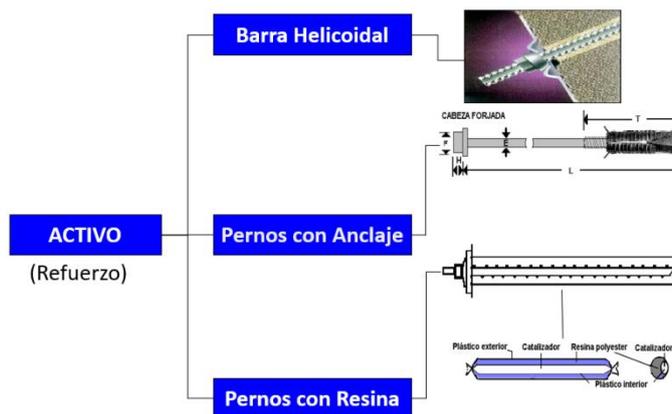
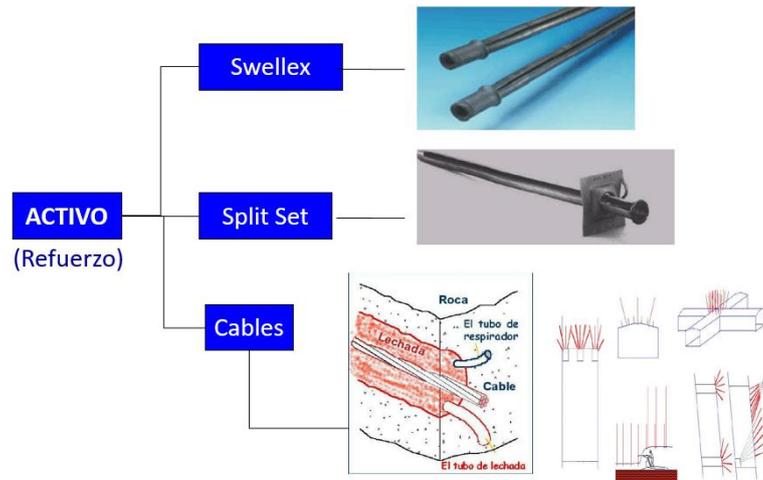


Figura 6:
Sostenimiento activo pernos y cables.



Sostenimiento pasivo

Este sistema consiste en reforzar la pared de roca usando para ello elementos estructuralmente externos al macizo que será sostenido. Considerado la dinámica de movimientos internos del cuerpo rocoso que se encuentra expuesto a las excavaciones. (SANCHEZ, 2020).

Otra manera de entender este sistema es que se trata de no ocupar cargas externas cuando se instale las estructuras de sostenimiento por motivos de seguridad y operativos. Estos sistemas son específicamente para cuando el cuerpo de rocas muestra deformidades en los perfiles. (ASTUDILLO, TORO, 2020).

Los materiales más usados para estas estructuras son la madera, los arcos de metal tanto articulados, deslizantes y rígidos, el concreto armado para mampostería, marcos y vigas, el concreto arrojado y mallas de reforzamiento.

Figura 7:
Sostenimiento pasivo mallas, cimbras

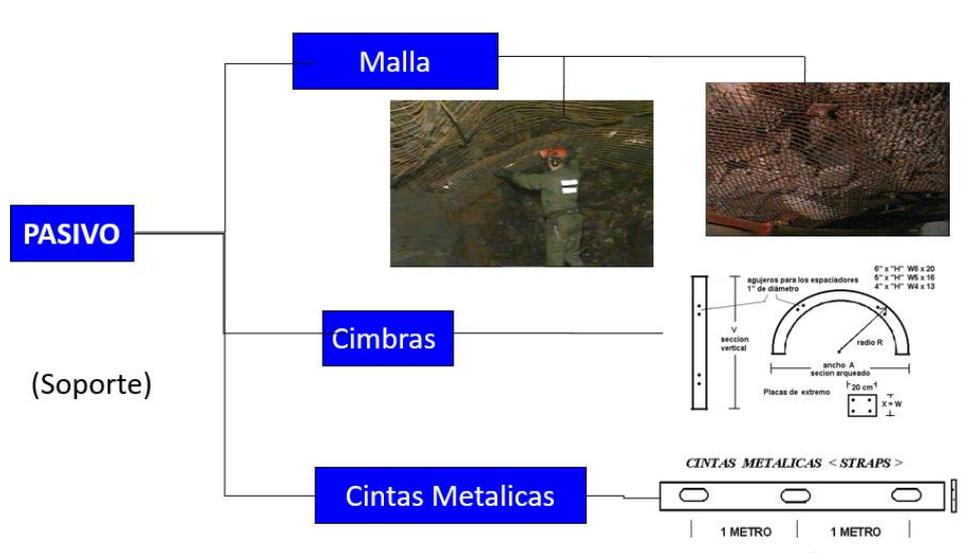
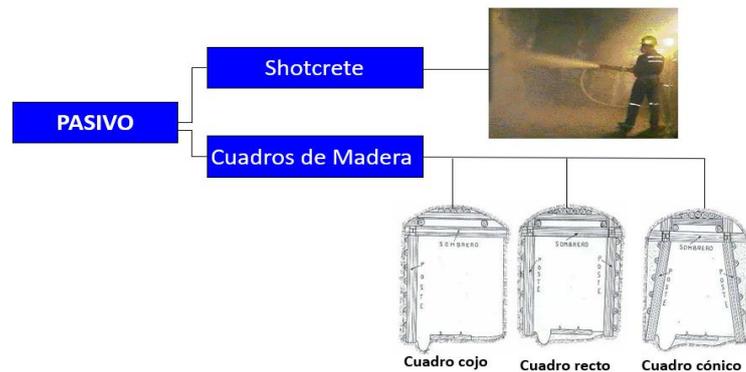


Figura 8:
Sostenimiento pasivo shotcrete, cuadros de madera.



2.2.5. Sostenimiento con madera

En este caso la estructura de madera resulta ser un método adecuado para operaciones mineras de dimensiones reducidas debido a sus costos accesibles, la facilidad del manejo e instalación del material. Además, estas estructuras poseen las ventajas de una resistencia prolongada en casos de derrumbes inesperados por causa de fuerzas sobre las galerías, el comportamiento de la madera responde al esfuerzo inmediato sin quebrarse bruscamente, debido a sus capacidades elásticas. Además, esta capacidad del enmaderado ofrece una señal anticipada en caso de posibles derrumbes y sea

necesario su reemplazo o reforzamiento. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

Ventajas y desventajas de la fortificación con madera

“Ventajas:

- Instalación, corte y transporte de fácil realización.
- Sirve como medio preventivo del nivel de estabilización por medio señales sonoras (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

“Desventajas:

- Los niveles de soporte y resistencias dependen de la calidad natural del material, así como su frondosidad y humedad.
- Niveles de resistencia bajos a las presiones de la roca.
- Vulnerable a la degradación o contaminación por medio de microorganismos y hongos.
- Vulnerable a la combustión.
- Vida útil corta.
- No se adapta fácilmente al terreno irregular del contorno de la labor.
- Resta espacio utilizable en el túnel (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

Figura 9:

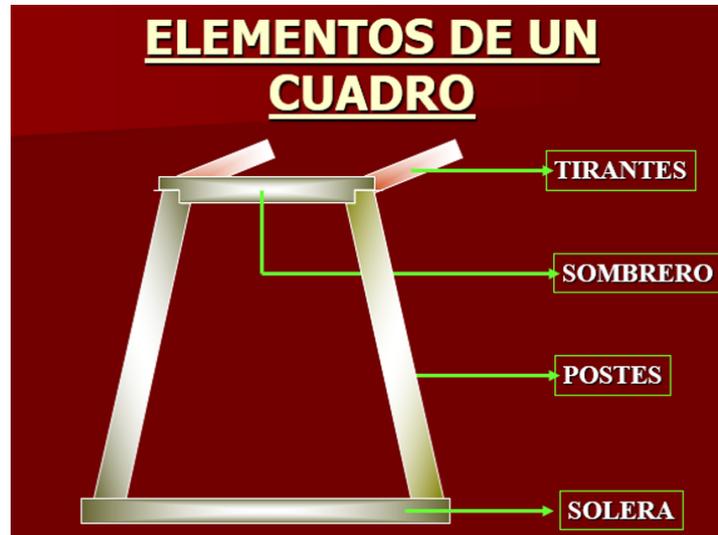
Sostenimiento con madera.



Elementos de un cuadro

En la siguiente figura apreciamos los elementos de un cuadro.

Figura 10:
Elementos de un cuadro.



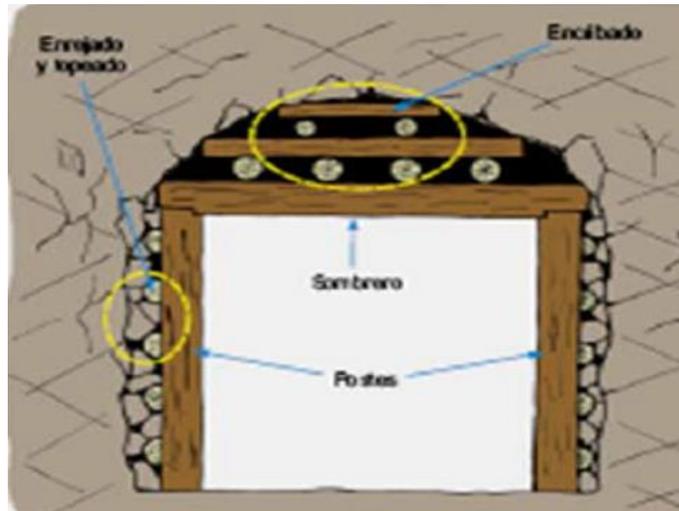
Tipos de cuadros

Tenemos:

Cuadros rectos

Su uso es aplicable específicamente para presiones superiores procedentes de la sección de techo. Su estructura se compone de tres secciones, dos columnas y un sombrero su aseguramiento es mediante bloques y cuñas. “Son usados cuando la mayor presión procede del techo, están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, de ue se articulan angularmente en 90 grados y se aseguran mediante bloques y cuñas. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

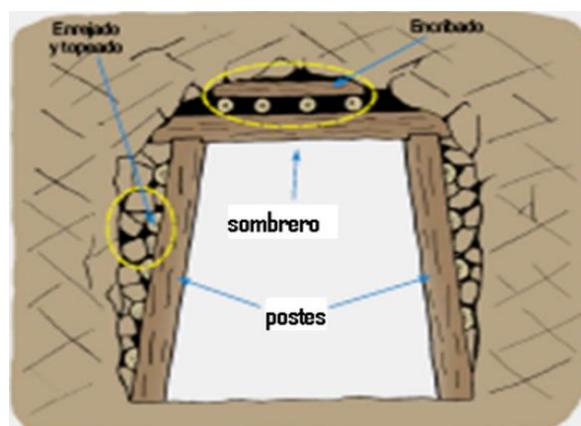
Figura 11:
Cuadro recto



Cuadros cónicos

Este caso es recomendable cuando la fuerza de presión proviene de la zona hastial, comparativamente con la estructura recta está presente un sombrero de menor longitud y los laterales se inclinan buscando establecer una articulación entre los 78 y 82 grados en relación de piso con un diseño de traspaso que resista las presiones de la galería. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

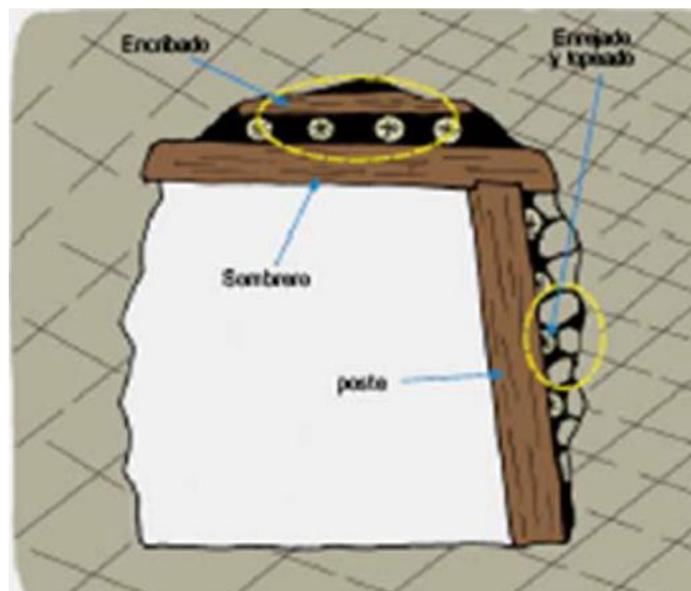
Figura 12:
Cuadros cónicos.



Cuadros cojos

Este método consiste en apoyar la estructura de soporte en solo una columna y un sombrero. Su utilización está indicada para sectores angostos con vetas de menos de 3 metros de potencia. La ventaja de este sistema es la optimización del espacio para el trabajo. Además, se puede presentar una orientación de las columnas en sentido vertical o inclinado dependiendo los buzamientos de la estructura de mineralización. Así mismo la adecuación al perímetro de la excavación se debe considerar para la adaptación a las presiones que recibe el terreno de labores. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

Figura 13:
Cuadros cojos



2.2.6. Sostenimiento con cimbras

Tradicionalmente se trata del método más usado debido a su durabilidad definitiva además de su funcionamiento de tipo fortificado pasivo. Por estas razones este sistema se usa en general para sostener permanentemente labores de avance. Así mismo los cuerpos altamente fracturados son las características para los que este sistema es recomendable y en general para

operaciones sobre material de baja calidad con esfuerzo de alta presión. (OSINERGMIN,, 2017).

Ventajas y desventajas de la fortificación con marcos metálicos

Ventajas:

- Puede soportar niveles altos de deformación y sollicitaciones.
- Nivel alto de resistencia a los ambientes agresivos.
- A nivel estructural no presenta posible combustión por material además de tener uniformidad y homogeneidad (OSINERGMIN,, 2017).

Desventajas:

- No se adapta bien a las zonas irregulares de las labores.
- Poca adaptación para amplias galerías por dimensiones de secciones.
- Reduce los espacios útiles en las labores (OSINERGMIN,, 2017).

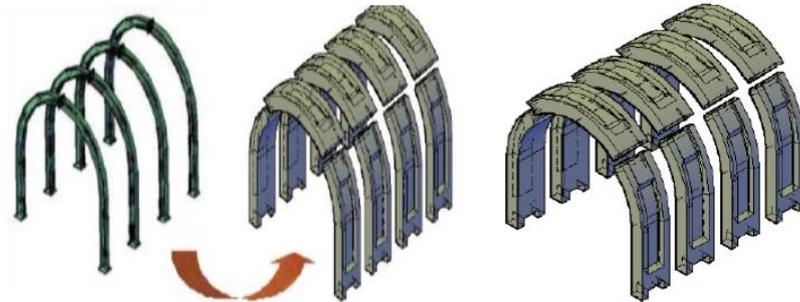
Tipos de arcos metálicos

Tenemos arcos regidos y arcos cedentes o deslizantes.

Arcos rígidos

Estas estructuras están conformadas de segmentos de dos o tres piezas y se articulan mediante pernos con tuercas y platinas. No es recomendable usarlo en sectores que presentan niveles altos de presión, debido a que pueden presentar un colapso por sobrecargas y sobrepasar la resistencia de la estructura. (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018).

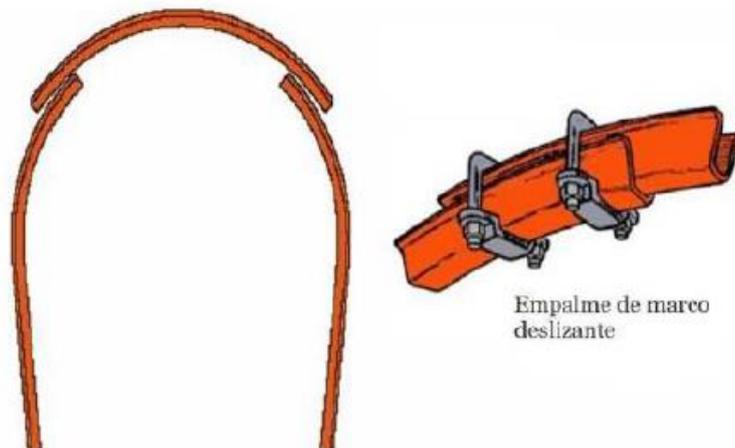
Figura 14:
Arcos rígidos



Arcos deslizantes

Estas estructuras están conformadas en general por segmentos de tres cuerpos que se pueden deslizar entre ellos. Su ajuste y articulación es mediante tornillos de unión. (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

Figura 15:
Arcos deslizantes



2.2.7. Sostenimiento con mallas metálicas

Estas estructuras están conformadas por acero fortificado en forma de mallado que se usa para sostener labores de túneles. Su elaboración es base de alambres de acero con nivel de alta resistencia con distintos grosores lo que permite cubrir una distancia mayor para los anclajes. Su finalidad es la contención de material rocoso de tamaño regular que pueden presupuestarse

desde la zona del techo y de las cajas. Además, se destinan a sectores que se encuentran comprometidos con estallido de rocas o donde el material presenta muchas alteraciones y por ellos altos niveles de fracturación. (SANCHEZ, 2020)

2.2.8. Sostenimiento con shotcrete

Este método consiste en el disparo de concreto sobre la pared de la galería con él se refuerza. Generalmente es usado para construir sectores de túnel con la finalidad de revestirlo de forma permanente o temporal. El shotcrete en este caso se arroja de forma neumática por medio de una manguera a una velocidad alta y presión constante.

Este material logra compactarse debido a la alta fuerza con la que impacta en la superficie de manera que se auto sostiene, sin depender de apoyos verticales. Es usado en las operaciones subterráneas como método primordial de sostenimiento de material rocoso. (MELBYE, 1994)

Materiales de elaboración de la mezcla

Se trata generalmente de un compuesto de arena, agua, cemento y elementos áridos. También porque de ser complementado usando metérosle fino, químicos aditivos y materiales fibrosos para reforzarlo.

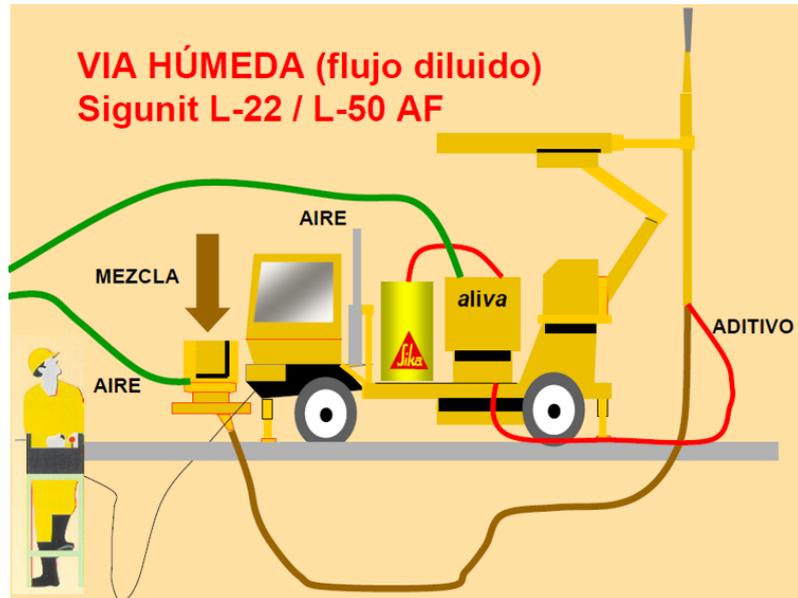
Métodos de aplicación del shotcrete

Este método se aplica mediante el uso de equipamiento manual o robotizado de manera húmeda o seca.

Shotcrete por vía húmeda:

En este caso la mezcla de hormigón con agua es transportada por tuberías hasta la boquilla demodé es mezclada con aire de compresión y por el acelerador desde donde se proyecta sobre la pared. (MELBYE, 1994)

Figura 16:
Shotcrete vía húmeda.



Shotcrete por vía seca:

En este caso la mezcla es transportada usando aire de compresión hasta la boquilla, donde es mezclada con agua y es proyectada por el acelerador sobre la superficie de la pared. (MELBYE, 1994)

Figura 17:
Shotcrete vía seca.



2.2.9. Sostenimiento con pernos

Este tipo de fortificaciones que usan pernos están basadas en el contorno del cuerpo de rocas, tiene la finalidad de asegurar un reforzamiento y de resistencia del material rocoso. De esta manera incrementa el nivel del autoaporte y reducir las desuniones de las rocas en bloques. Estos dispositivos conforman para de entorno mismo de esta manera fortalecen la resistencia de la pared de rocas. (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

Tipos de pernos

Entre los pernos que más se utilizan para sostener las superficies se encuentran: pernos de estabilización por fricción, pernos de anclajes por expansión, pernos de cemento o cementados con resina y cableado de acero.

Ventajas de la fortificación con pernos:

- Resultados inmediatos luego ser instalados.
- Versatilidad para su transporte e instalación.
- No se produce reducción del espacio útil en las labores.
- No produce el aumento de la resistencia a la corriente de aire para ventilar las labores.
- Costos comparativamente económicos.
- Se instala por método mecanizado o manual (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018).

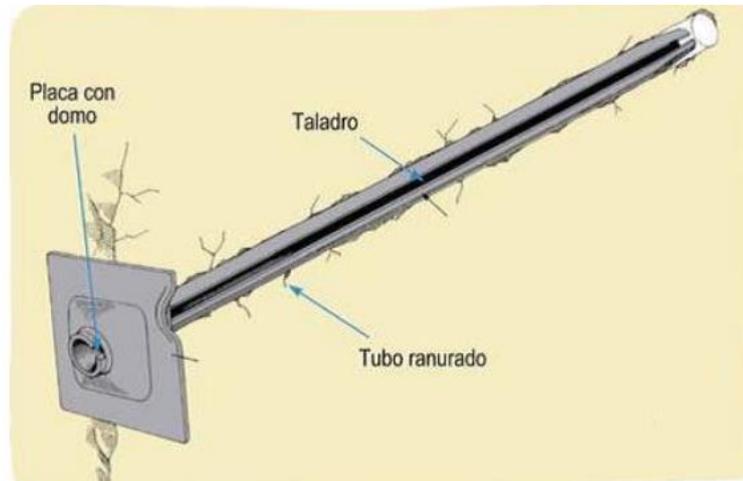
Tipos de pernos de sostenimiento

Pernos estabilizadores o de fricción:

Este tipo de dispositivos están conformados por una sección acero que se introducirá en la perforación de las rocas, esta sección deberá ejercer presiones radiales hacia la parte exterior en toda la longitud del taladro. Su diámetro es mayor que la perforación y que se parte por el centro a todo lo largo, cuando se introduce en el tiro se reduce el diámetro y produce las presiones axiales conectadas sobre las paredes de las rocas en toda la longitud de la

perforación. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Figura 18:
Pernos de fricción.



Ventajas y desventajas del perno estabilizador o de fricción

Ventajas:

- ✓ Los resultados se producen después de ser instalado el sistema.
- ✓ No es vulnerable a movimientos sísmicos o tronadoras.
- ✓ Se puede combinar con otros sistemas de fortificación.
- ✓ sistema efectivo para controlar cunas y fallas. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Desventajas:

- ✓ Vulnerables a la corrosión por acción de la humedad o el agua.
- ✓ Exigen un diámetro de perforaciones muy específico.
- ✓ Bajo nivel de resistencia a los cortes. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

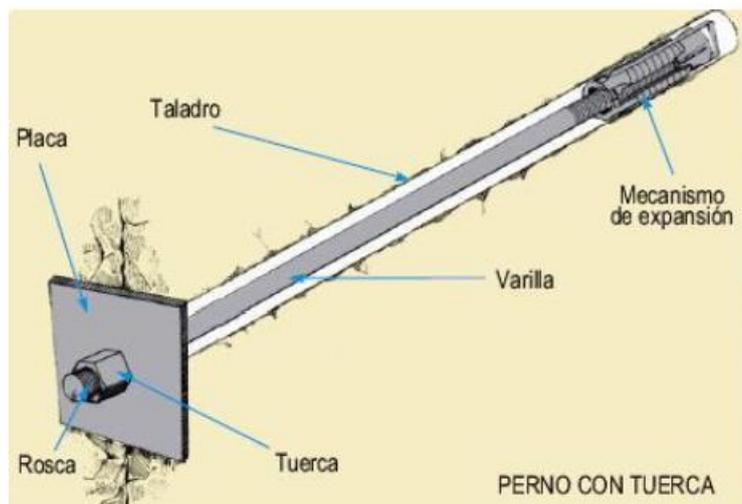
Pernos con anclajes expansivos

Este tipo de dispositivos que se caracterizan por llevar una cabeza de tipo expansivo es el de más uso común para labores de anclaje mecanizado.

Este sistema permite controlar el movimiento y los desplazamientos de los cuerpos de rocas por medio de inducir presión de la tensión de la varilla entre la platina de apoyo y el anclaje.

En términos técnicos este método produce niveles de tensión cercanos a 3,5 tn. y cuenta con un nivel de resistencia en tracciones máximas de 21.5 tn. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Figura 19:
Pernos con anclaje expansivos



Ventajas y desventajas del perno con anclaje expansivo

Ventajas:

- Dispositivo de costos económicos.
- Ofrece sostenimiento inmediatamente después de su instalación.
- Capacidad de ser tensado (en material de alta resistencia). (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

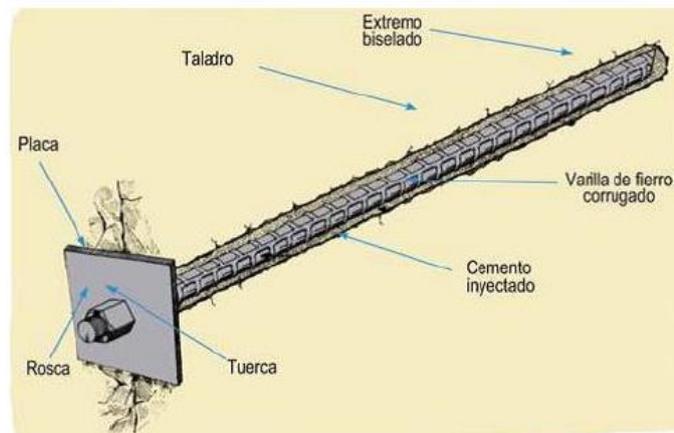
Desventajas:

- Se limita a cuerpos de rocas que cumplan especificaciones.
- Requiere monitorización de tensión adecuada.
- Es vulnerable a vibración de tronadoras.
- Su aplicación es de carácter temporal (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

Pernos de adhesión (cementados con resina o cemento):

Este sistema de fortificaciones comprende una barra de acero o de hierro que presenta bísela miento en uno de sus extremos, que deberá ser introducido en el taladro usando cemento por medio de inyección de cartuchos, cartuchos de resina o una mezcla de ambos, que ofrecen propiedades una resistencia a los movimientos del terreno por medio a los puntos de contacto en el enclavamiento mecánico del dispositivo. (SOCIEDAD NACINAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Figura 20:
Pernos de adhesión



Ventajas y desventajas del perno cementado con resina o cemento

Ventajas:

- De buen funcionamiento y larga duración.
- Presenta un soporte de capacidad alta para cuerpos competentes.
- Inmediata capacidad de sostener.
- Presenta opciones de tensado cuando se mezcla con fragüe rápido en la parte del fondo. (SOCIEDAD NACINAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Desventajas

- La perforación debe presentar un diámetro específico.
- Las condiciones de las labores pueden afectar el desempeño de la resina.

- Bajo control en el manejo de la resina presentando desperdicios, desórdenes y peligros.
- El material resinoso es de corta vida útil.
- Presenta un costo operativo alto. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

2.2.10. Sostenimientos con cables

Este método de fortificaciones usando cables están indicadas especialmente para labores que cuentan con bloques de una magnitud considerable. Debido a sus dimensiones como la longitud, tamaño y peso rebasan la capacidad de contención que ofrecen los sistemas como las fibras, el split set o los pernos helicoidales.

Es indicado en las zonas que presentan esfuerzos de niveles de severidad muy marcada en las que se deberá hacer uso de este tipo de sistemas pues ofrecen un índice de resistencia alta hacia las fuerzas de tracción lo que ofrece un control sobre la estabilidad del bloque y de cámaras de dimensiones mayores. (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

Ventajas y desventajas de los cables de acero

Ventajas:

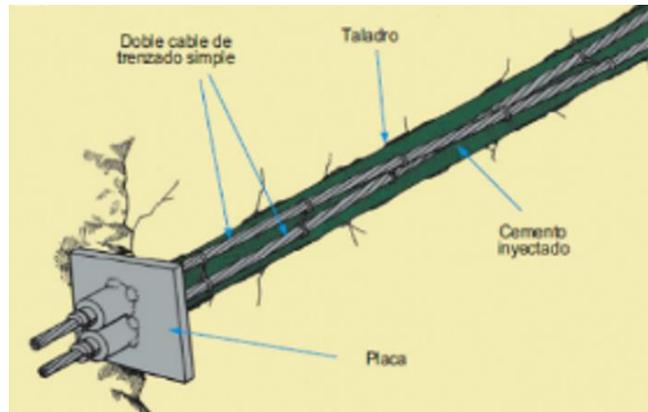
- Es un método efectivo y larga duración.
- Alta resistencia en los cuerpos rocosos.
- Nivel de costo intermedio.
- La longitud del cableado es adaptable a las labores (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018).

Desventajas

- Su máxima resistencia se alcanza después de un tiempo de curado
- Dificultad para realizar el control de los procesos de lechado y para mantener la calidad
- No están indicados para labores en medios con agua o humedad

- El procedimiento para tensar los cables es muy específico y puede ser de difícil ejecución. (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

Figura 21:
Sostenimiento con cable



2.3. Definición de términos conceptuales

Aditivo

Se trata de sustancias usadas en la mejora del comportamiento de shotcrete mediante la potenciación de sus propiedades como lo es la aceleración de la fragua. La que se recomienda usar en como máximo en una cantidad de 2% del peso del cemento. Otros aditivos son los que se usan para reducir el nivel de agua y un material retardante. (LAURENTE, 2017)

Anclaje

Se trata del dispositivo que se usa para transmisiones de tracción de los esfuerzos partiendo del nivel superficial hasta un determinado sector interno. (ORELLANA, 2020)

Concreto lanzado

Más conocido como shotcrete se trata de la mezcla de en partes iguales de cemento agua y agregados además de aditivos de reforzamiento. El método de aplicación es neumático y de compactación dinámica impulsado a velocidades altas directamente en las superficies. (LAURENTE, 2017)

Desprendimiento de rocas:

Se trata del material que se precipita por acción de la fuerza de gravedad y es un factor de riesgo constante y de primordial importancia. (CERRON, 2020)

Discontinuidad

Es el sector débil del macizo que condiciona un perfil anisotrópico de resistencia. Específicamente se trata de las irrupciones en la continuidad mecánica del cuerpo rocoso. (ORELLANA, 2020)

Fibra metálica

Se trata de electos metálicos discontinuos en forma e cintas con una longitud reducida. Presentan propiedades dinámicas particulares debido al acero que las conforman. En términos estructurales las armaduras de hormigón dispersas que cuentan con estos electos presentan una resistencia sustancialmente mejor en su comportamiento mecánico. (LAURENTE, 2017)

Macizo rocoso:

Se trata del bloque rocoso o matriz que en su conjunto conforma un cuerpo con discontinuidades, anisotrópico y heterogéneo. (CERRON, 2020)

Refuerzo de roca

Es el método de sostenimiento mediante el uso de pernos o cableado que sirven para reforzar el cuerpo de rocas ayudando a incrementar la resistencia a la fricción entre los bloques que los conforman. En criterio técnicos se trata de un sistema activo. (ORELLANA, 2020)

Sostenimiento:

Es procedimiento por el cual se busca dar soporte al cuerpo de rocas, pueden ser por medios naturales o por una mecánica artificial. Está indicado para operaciones en niveles subterráneos. (CERRON, 2020)

Sostenimiento activo

Es este caso el método consiste en aprovechar las propias características o elementos que el cuerpo rocoso ofrece. Dentro de este tipo de sostenimiento podemos identificar el empernado o el cableado de refuerzo. (ORELLANA, 2020)

Sostenimiento pasivo

En este caso el método consiste en usar elementos exteriores al cuerpo rocoso para poder sostenerla, su actuación es posterior a la deformación del cuerpo de rocas. (ORELLANA, 2020)

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

Mediante esta investigación, exploramos la ciencia desde diversas ópticas.

Pero, a la vez, encontraremos prácticas específicas relacionadas con el sostenimiento y refuerzo en minería subterránea. Detallando procedimientos rigurosos para asegurar la estabilidad y seguridad de las estructuras en un entorno geológico complejo y cambiante. Cada aspecto, desde la instalación de pernos helicoidales rellenos de resina o cemento hasta la colocación meticulosa de mallas electrosoldadas, aplicación controlada de shotcrete de alta resistencia y la utilidad de los arcos noruegos, con precisión técnica y normativas estrictas para garantizar la integridad estructural y la protección contra riesgos como el desprendimiento de rocas.

Así que nos encontramos inicialmente con un campo complejo al considerar la ciencia desde nuestra perspectiva inicial. En este estudio, nos posicionamos como investigadores en un área científica que aspiramos a conectar más estrechamente con los desafíos asociados al desprendimiento de rocas en la minería.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El perfil de este estudio deberá ser elaborado en base a una orientación aplicada debido a que el sentido de esta tesis es terminar aplicando todo el conjunto de datos información y conocimiento revisado sobre los métodos de sostenimiento en operaciones en niveles subterráneos como medio de reforzamiento para concretar medidas efectivas que se dirigirán a concretización de solución a problemas identificados dentro del marco de acción descrito.

Conceptualmente se optó por un trabajo de tipo aplicativo por las razones que se señalan a continuación: “se trata de concentrar el foco del análisis en las posibles soluciones concretas que pueden materializarse partiendo de teorías complejas y generales pero que buscar solucionar problemas identificados” (BAENA , 2017)

Ahora bien, el nivel a desarrollar será de nivel descriptivo, aplicativo, porque tendremos la oportunidad de describir y poder aplicar en el reforzamiento del sostenimiento de las labores del nivel 400, como nos dice “su finalidad es dar soluciones a los problemas determinados por medio de un planteamiento específico” (SUPO, CAVERO, 2014).

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación a desarrollar será de nivel descriptivo, aplicativo, porque tendremos la oportunidad de describir y poder aplicar en el reforzamiento del sostenimiento de las labores del nivel 400, como nos dice “su finalidad es dar soluciones a los problemas determinados por medio de un planteamiento específico” (SUPO, CAVERO, 2014).

3.3. Característica de la investigación

Esta investigación se concentrará en la aplicación directa de teorías y métodos de sostenimiento en operaciones subterráneas para desarrollar medidas efectivas que resuelvan problemas identificados en el nivel 400, mediante un enfoque metodológico deductivo que parte de principios generales hacia soluciones particulares.

3.4. Métodos de investigación

Esta investigación busca emplear el método científico, haciendo uso de los métodos deductivo, apoyándonos en el entendido que se trata de una metodología que consiste en “partir de deducciones generales con el fin de alcanzar soluciones particulares. Esta metodología comienza con un diagnóstico y revisión de los principios, fundamentos leyes y teoremas que se aplican a la generalidad de los casos u que cuentan con una validez universal y corroborada para después realizar su aplicación a soluciones de nivel particular”. (TAMAYO Y TAMAYO, 2003).

3.5. Diseño de investigación

Este trabajo contará con un perfil de carácter no experimental debido a que por sus características, desarrollo y finalidad no necesita modificaciones de variables y se restringirá a un momento fijado. En términos simples se trata de la imagen del fenómeno en un momento dado sin pretensiones de generalidad temporal.

3.6. Procedimiento del muestreo

3.6.1. Población

El conjunto poblacional se encuentra conformado por la totalidad de labores subterráneas que necesitan reforzamiento del sostenimiento en la Compañía Minera Chungar SAC. UEA. Alpamarca.

3.6.2. Muestra

La muestra se determinó en forma directa y está constituido por las labores subterráneas de drenaje Nivel 400 cruceo y rampa negativa de 4.0 m x4.0 m y

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre este tipo de herramientas que se utilizó a lo largo de esta investigación se encuentran las siguientes técnicas e instrumentos:

3.7.1. Técnicas

Dentro de las que emplearemos tendremos:

- Las observaciones.
- La recopilación documental.
- Técnicas de sostenimiento en minería subterránea.

3.7.2. Instrumentos

Como instrumento tendremos:

- Las guías de observación insitu
- Informes.
- Archivos de sostenimiento de la labor.
- Equipos y materiales de perforación.
- Pernos helicoidales.
- Malla electrosoldada.
- Cemento, arena, fibra, aditivos, cable
- Jumbo empernador.
- Robot lanzador de concreto.

- Mixer.
- Scaler.
- Scooptram.
- Retroexcavadora.
- Implementos de seguridad.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Cuando sea realizada la visita al nivel 400 habiendo observado las labores referentes al sostenimiento a realizar y revisado información y archivos referente al sostenimiento del nivel 400 se procedió a diseñar el sostenimiento que debe llevarse a cabo lo cual consistirá en:

- Revisión del plano tipográfico de la labor nivel 400.
- Revisión del plano Geomecánicos del nivel 400.
- Instalación de pernos helicoidales.
- Instalación de la malla electrosoldada.
- Colocación del shotcrete vía húmeda.
- Instalación de arcos noruegos.
- Verificación de resultados.

3.9. Orientación ética

En el desarrollo de nuestra investigación se ha tenido en cuenta los valores éticos como la responsabilidad, el compromiso con la verdad, la perseverancia, la confianza, respeto a las personas, al conocimiento, a la calidad de la investigación, justicia, la honestidad, y la confidencialidad.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Generalidades de la mina Alpamarca

Ubicación

“Las operaciones de la Mina Alpamarca están localizadas en el lado este de la cadena montañosa occidental de Los Andes, específicamente en la zona que comprende la frontera entre las regiones de Pasco y Junín en la zona central del Perú.

En términos políticos su ubicación está determinada por las jurisdicciones a nivel distrital por la municipalidad de Santa Bárbara de Carhuacayan, y a nivel Provincial por la municipalidad de Yauli, y a nivel Departamental por la región Junín”.

Accesibilidad

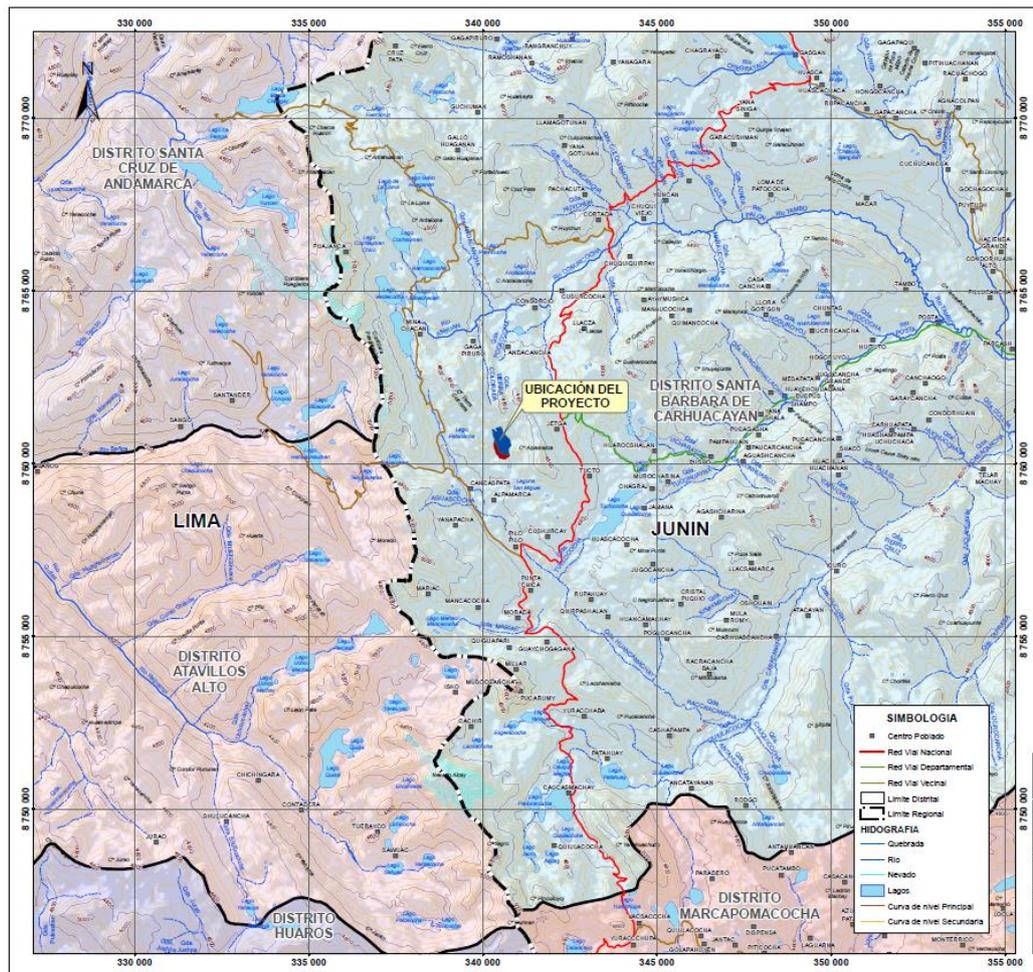
Las maneras de acceder a la unidad minera desde la capital del Perú, ósea la ciudad de Lima es únicamente por vía terrestre partiendo hacia la ciudad de la oroya vía la carretera Central, para después continuar hacia la ciudad de Cerro de Pasco completando los 300 kilómetros de recorrido, las condiciones de esta vía son de asfalto en buen estado.

Específicamente, a la altura del kilómetro 289 de esta ruta se encuentra la carretera en dirección a la unidad Alpamarca que se encuentra a 76 kilómetros entre las localidades de Huayllay y el poblado de Chuquiquirpay.

Tabla 8:
Accesibilidad a la mina.

Ruta	Tipo de vía	Km.	Tiempo promedio (Hrs.)
Lima – Canta	Asfaltada	110	3
Canta - Alpamarca	Afirmada	62	2
TOTAL		172	5

Figura 22:
Plano geográfico de ubicación de la mina.



Reforzamiento de las labores existentes

Este reforzamiento se realizará según la recomendación geomecánica dado por Compañía Minera Chungar.

- Instalación de perno helicoidal de 22 mm de diámetro y de 7 pies de longitud. (ver diseño de instalación).
- Instalación de Malla Electrosoldada 4' x 4'.
- Shotcrete vía húmeda .
- Cable bolting.

Servicios auxiliares

Se debe de considerar las siguientes partidas:

- Instalación de alcayatas para tuberías de agua.
- Instalación de alcayatas para líneas de energía eléctrica.
- Desate de rocas manual.
- Limpieza de material suelto producto del desate.

Mano de obra sostenimiento

Se propone lo siguiente:

- a) Operador Jumbo Emperador (múltiple).
- b) Ayudante Jumbo Emperador.
- c) Operador de Shotcrete (1).
- d) Ayudantes (2).
- e) Operador de mixer (1).
- f) Operador scooptram (se paga por horas).

Aceros de perforación

- Barra de perforacion.
- Shank adapter.
- Broca de botón.
- Coupling.

Materiales

- Perno Helicoidal y accesorios.
- Cartuchos resina.
- Cartuchos cembolt.
- Malla electrosoldada.
- El cemento, arena para shocrete, fibra y aditivo será proporcionado, por CMCH.
- Cable bolting y accesorios será proporcionado por CMCH.
- Tubería PVC .
- Malla Electro electrosoldada para Arco Noruego.
- Otros que sean necesarios.

Equipos

- Jumbo Empernador.
- Robot lanzador de concreto incorporada compresora de aire.
- Mixer (auto hormigonero) para labores de 4 x 4m.
- Retroexcavadora (limpieza).
- Implementos de seguridad y materiales.
- Scaler.
- Scooptram de 3 yd³.
- Equipos necesarios, etc.

Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares constarán de actividades no considerado en el PU de avance ni sostenimiento (US\$/Und).

- Mano de Obra.
- Implementos de seguridad y materiales.
- Equipos necesarios (Camioneta acondicionada para traslado de personal y materiales).
- Camión utilitario de 3.5 Tn.

4.1.3. Reforzamiento del sostenimiento de labores de drenaje subterráneas (Rampa y crucero) nivel 400

Consideramos en esta parte el planeamiento, procedimientos y métodos para la excavación de la rampa y demás requisitos relacionados con dicha obra subterránea.

Alcances

La ejecución deberá alcanzar a todas las labores preliminares, además de las instalaciones y obras de carácter provisorio y temporal necesarias.

El transporte y suministro del equipamiento y del personal que se requieran además de los repuestos, máquinas y herramientas necesarias que no serán parte de los trabajos permanentes.

Se deberá realizar el desmontaje de toda instalación provisorio cuando los trabajos hayan sido ejecutados, además de la consiguiente limpieza de las zonas operativas dejándolas libres de material de desecho o algún tipo de elenco contaminante o extraño al entorno original.

Figura 24:
Plano de la rampa de sostenimiento Nv 400.

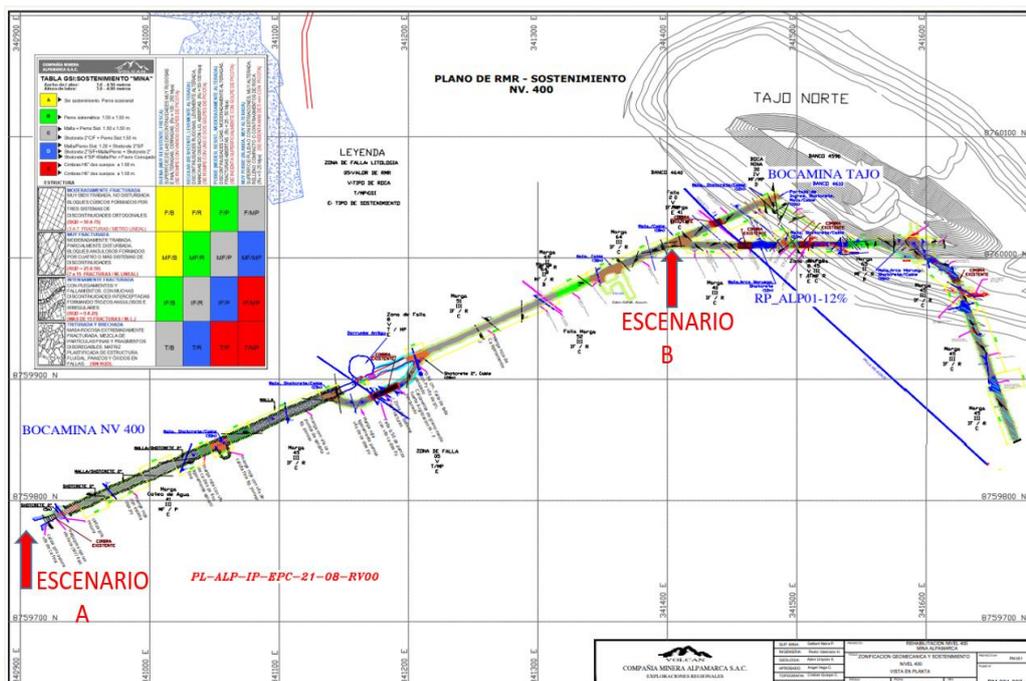


Figura 25:
Sección longitudinal Nv 400 – corte A-A´

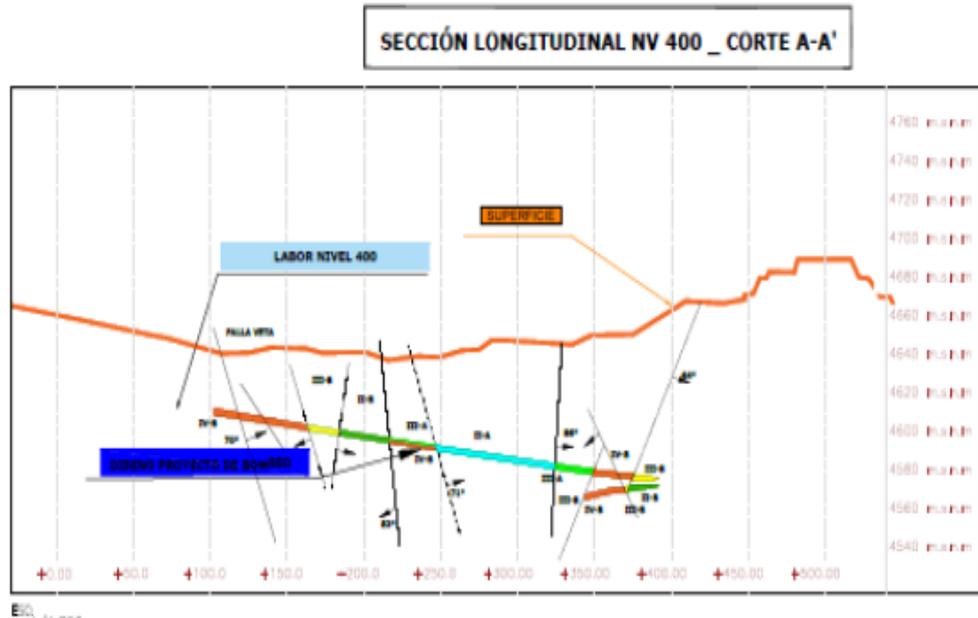
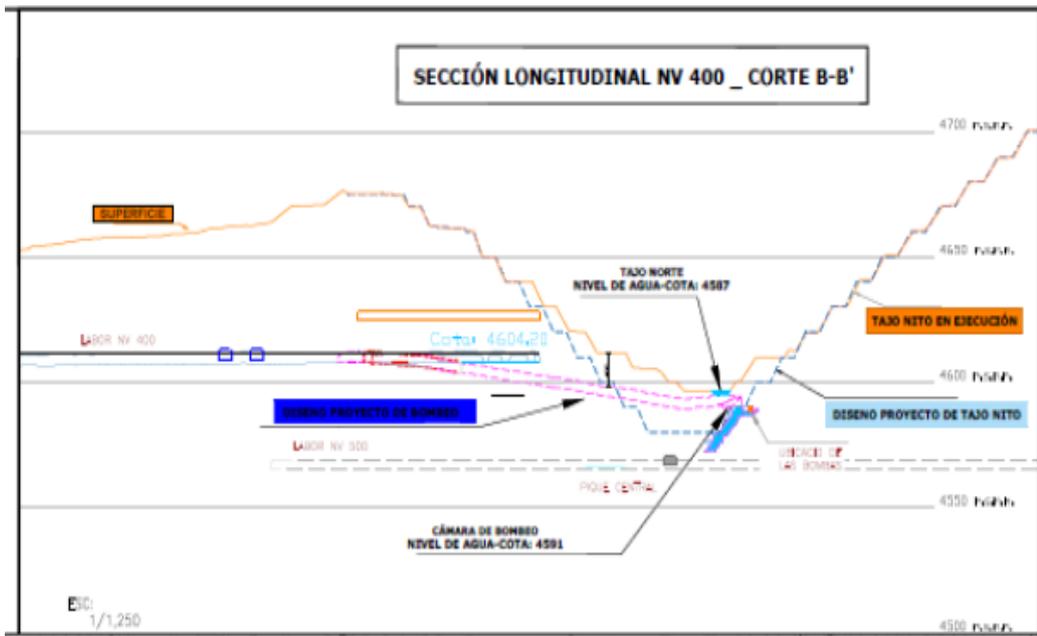


Figura 26:
Sección longitudinal Nv 400 – corte B-B´.



4.1.4. Cronograma de construcción

Se tiene el siguiente cronograma.

Tabla 9:
Cronograma.

Referzamiento de Sostenimiento Nv.400	Cantidad	Sección	Longitud	Total	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05
Gestion de Seguridad	-	-	-	-	■				
Traslado de los equipos / materiales	-	-	-	-	■				
Instalación de Servicios agua	-	-	-	-	■				
Instalación de Servicios de energia electrica	-	-	-	-	■				
Trabajo de sostenimiento Boca Mina a Tajo	1	4.0x4.0 (m)	20	20	■	■			
Trabajo de Sostenimiento Crucero NV.400	1	4.0x4.0 (m)	371	371		■	■		
Trabajo de Sostenimiento Rampa Nv.400	1	4.0x4.0 (m)	337	337			■	■	
Total				728					

Desate mecanizado

El desate mecanizado usa equipo mecánico (SCALER), el cual retira la roca suelta de las galerías (techo y hastiales) mediante un brazo hidráulico para establecer diferentes posiciones de ataque.

Sostenimiento de la labor existente

El estándar por considerar es de metro avanzado, metro sostenido, en los diferentes tipos de rocas. Las características del tipo de roca y el sostenimiento a aplicar se coordinarán en la operación diaria y en función a los estándares para cada tipo de roca que está asociado al tipo de labor, vida útil y factor de seguridad.

El mapeo geomecánico realizado en el Crucero y Rampa del Nv.400, ha sido para clasificar al macizo rocoso de acuerdo con el RMR (Rock Mass Rating). Para cada calidad de roca, se ha diseñado un sostenimiento tipo, denominado ST-I a ST-V. En el cuadro se muestran los sostenimientos propuestos.

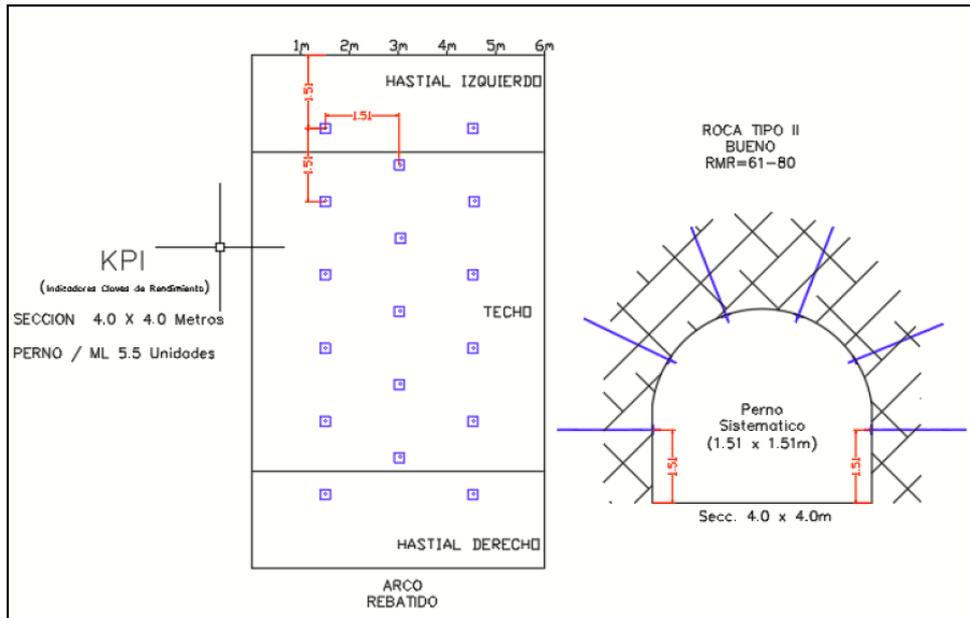
De acuerdo con los estudios preliminares realizados, se ha realizado la zonificación geotécnica que se muestra en el cuadro.

4.1.5. Sostenimiento de la Rampa 400 y Crucero

a) Instalación de Pernos para sostenimiento:

- La instalación de los pernos será con metodo mecanizado (jumbo emperador), para el inyectado de los cartuchos de resina y/o cemento más la colocación del perno.
- Los pernos deberán ser barras helicoidales de acero de 2.1 m de longitud y 22 mm de diámetro, serán rellenos completamente con cartuchos de resinas, cartucho de cemento y/o ambos.
- El espaciamiento de perno a perno debe ser de acuerdo con las recomendaciones del área geomecánica y validado por el geomecánico de Rampa de Drenaje Nv. 400.
- Los pernos y las placas deben estar colocados de forma perpendicular a las estructuras geológicas, superficie del macizo rocoso.
- El área de Geomecánica realizara las pruebas de calidad en la instalación de los pernos, la que tendrá que cumplir un mínimo de resistencia a la tracción de 24 ton (prueba de arranque) para pernos helicoidales, por un perno que no cumpla las 24 ton, se descontaran 30 pernos instalados como cumplimiento al QA.
- Se realizarán pruebas al 5% de los pernos colocados que equivalen al 100% de los pernos totales instalados.
- Los pernos colocados por seguridad deben ser sustentados para su valorización.

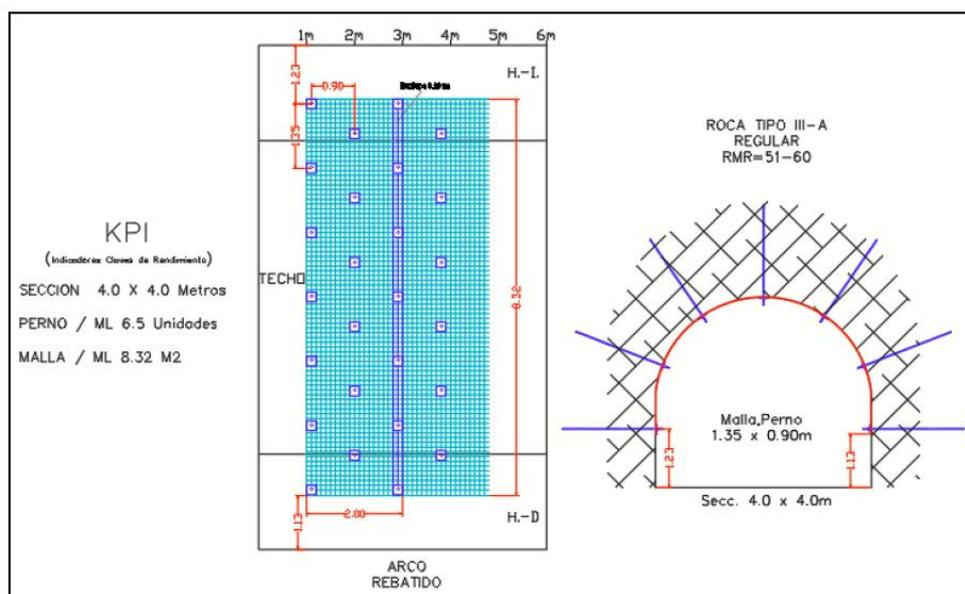
Figura 28:
Instalación de pernos sistemático



b) Colocación de Malla Electrosoldada:

- La malla electrosoldada deberá adherirse totalmente a la roca.
- La malla debe ser colocado de gradiente a gradiente y con traslape de 3 cocos.

Figura 29:
Instalación de perno y malla.



Actividades realizadas para el sostenimiento con perno y malla:

Figura 30:

Desatado de rocas.



Figura 31:

Sostenimiento con perno y malla.



Figura 32:

Resultados del sostenimiento.





c) Lanzado de Shotcrete

Tiene como objetivo realizar el análisis y el diseño para conseguir aplicar adecuadamente el shotcrete (hormigón proyectado) vía húmeda como dispositivo de reforzamiento para los trabajos en niveles subterráneos del Nv.400. Con la finalidad de garantizar un óptimo nivel de calidad en la ejecución del sostenimiento.

El sostenimiento con este elemento se realizará en coordinación con CMCH.

La aplicación de shotcrete vía húmeda se debe realizar con equipo robot con alta eficiencia.

El diseño de shotcrete para 01 m³ de arena son:

- 09 bolsas de cemento.
- 20 kg de fibra metálica.
- 05 galones, aditivo de fragua rápida.
- El rebote debe ser de 12% -15%.
- Debe ofrecer resistencia a compresiones mayores de 223 kg/cm² a los 28 días.

Figura 33:
Instalación de Shotcrete y Perno.

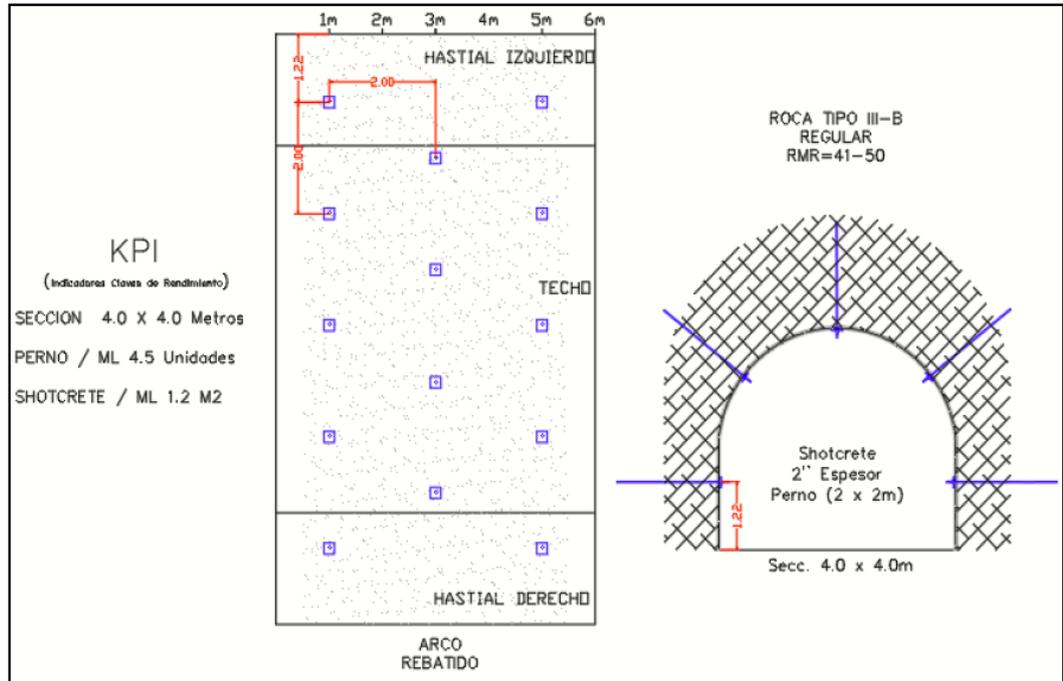
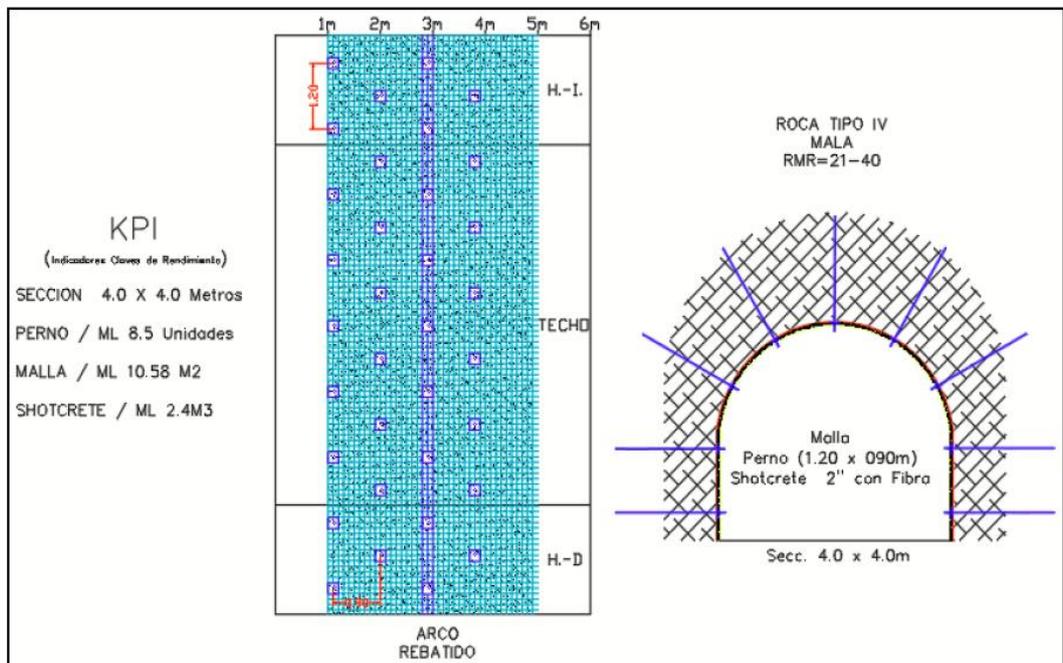


Figura 34:
Instalación de Shotcrete, Malla, Perno.



d) Instalación de Cable Bolting

El sostenimiento con este elemento se realizará en campaña según propuesta y en coordinación con CMCH.

Normalmente en operaciones mineras este método está conforme por los siguientes componentes:

- Cableado de acero de 0.6" (15.24 mm) con una longitud diametral 06 metros, liso y/o con bulbos si es necesario.
- Bulbos tipo jaulas de aves con mezcla de resina en caso de ser necesario.
- Un clip de sostenimiento en el extremo que incluye: una cabeza cuadrangular de 1-1/8 pulgadas, una celda de ensamble en cuña y un tubo de rigidez en el que se invierta el cableado.
- Un clip para asegurar en la parte posterior de la placa que incluye: una cuña de 0.6" en forma de cono con diámetro menor para fijar externamente el cableado, un barril de fondo en forma de cono que aloje la cuña
- Placa con el espesor de 12 mm para apoyo que genere interacciones entre la superficie y el cableado.
- Tubos de PVC de 3/4 " para inyectar el cemento grauteado a altas presiones.
- Un vástago de tramo libre del cableado con unos 15 a 20 centímetros para tensar posteriormente.
- Los cables bolting serán instalados por el postor, al momento del ajuste de la cuña barril el equipo de pull test, normalmente usado para este fin será proporcionado por el postor.
- Resistencia nominal del cable: 26 Tn.

Figura 35:

Modelo de malla para la instalación de Cable Bolting.

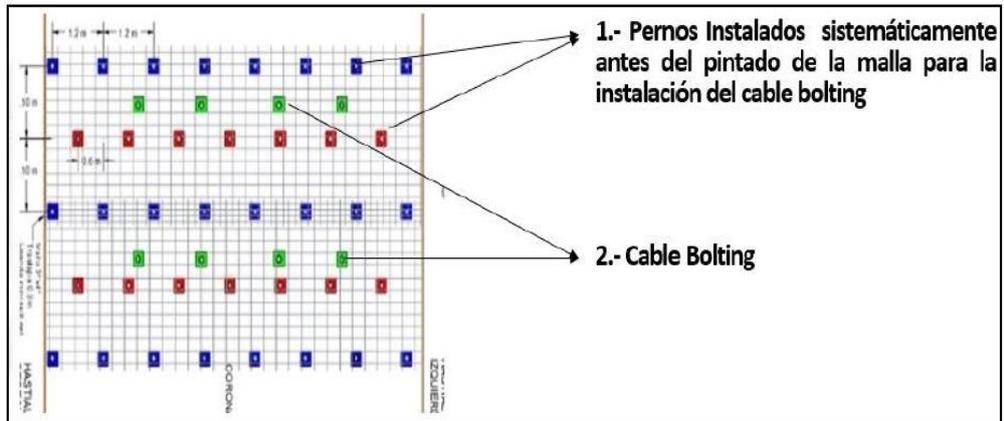
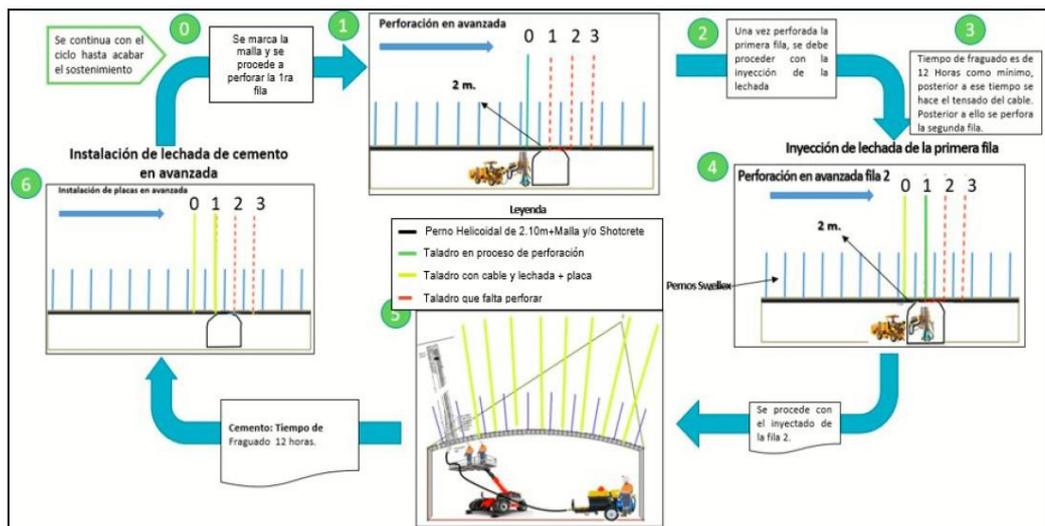


Figura 36:

Ciclo de instalación de Cable Bolting.



e) Instalación de Arco Noruego con malla electrosoldada, estructura prefabricada con fierro corrugado (grapa).

El sistema reemplaza a la cimbra metálica y está compuesto por:

- Malla Electrosoldada de 30cm de ancho, largo 12m (en toda la superficie de la sección del túnel), adherido a estructura prefabricado (grapa) y malla existente.

- Fierro corrugado de 3/8" para construcción de estructura prefabricado (Grapas).
- El Acople de la malla electrosoldada al refuerzo prefabricado (grapa) será usando alambres o cintillo.
- La estructura debe estar cubierto por shotcrete con resistencia de 280 kg/cm2.

Figura 37:

Modelo de Arco Noruego con Malla Electrosoldada, Grapas.

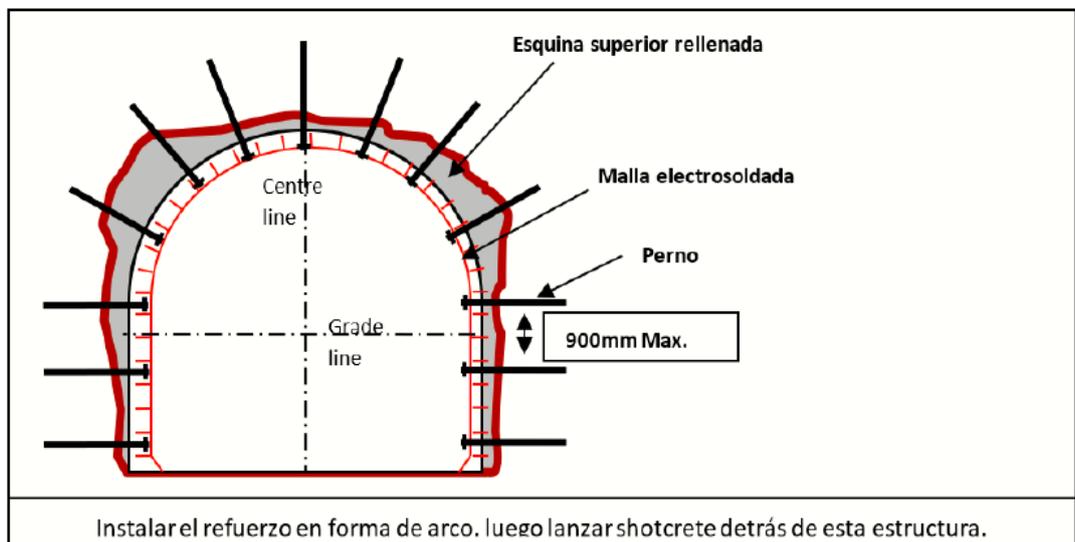


Figura 38:

Instalación de Malla electrosoldada y grapas.

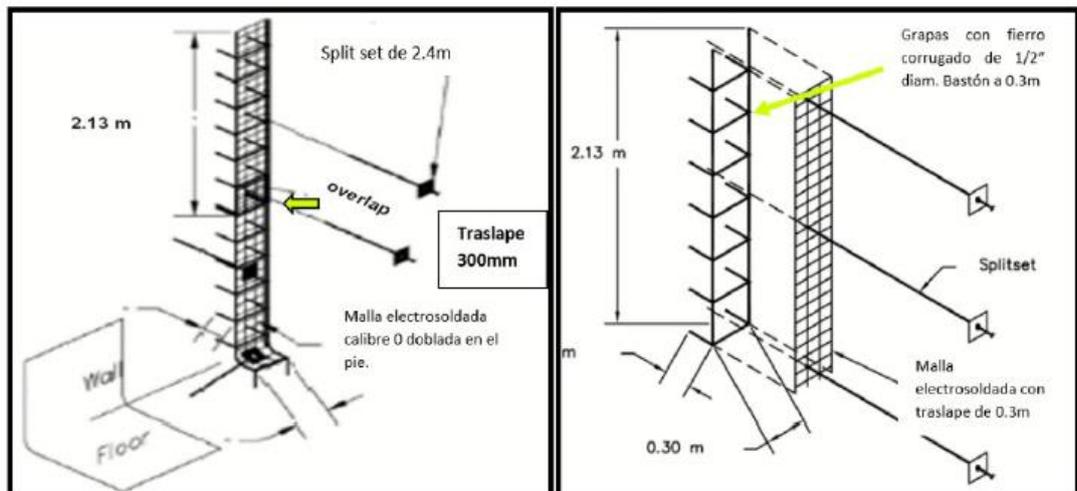


Figura 39:

Malla electrosoldada y grapas instaladas con pernos sobre shotcrete.



Figura 40:

Malla electrosoldada y grapas instaladas con pernos y resina.

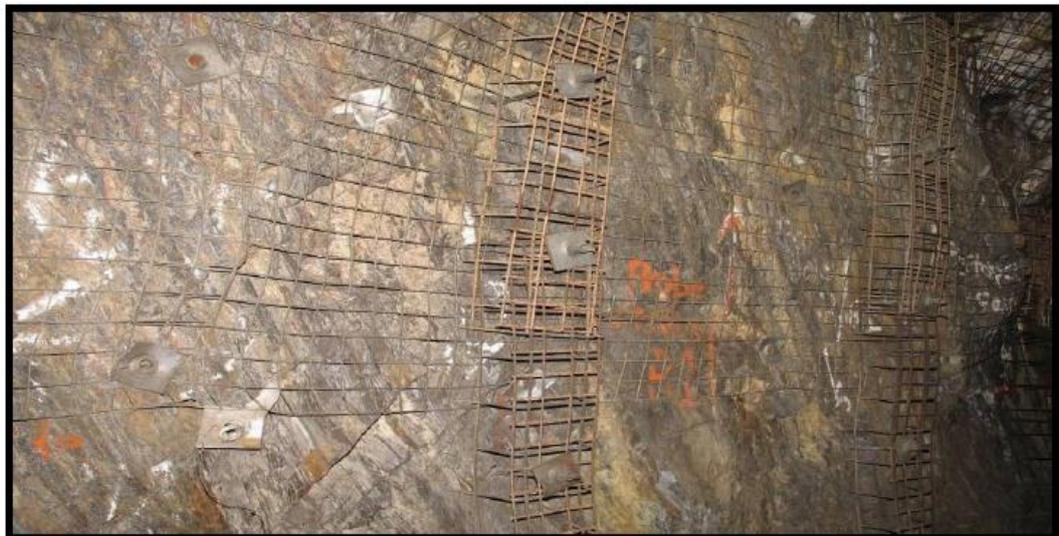


Figura 41:

Sostenimiento completo Arcos Noruegos con Malla, grapas, perno y shotcrete.



Actividades realizadas para el sostenimiento con arco noruego:

Figura 42:

Armado de estructura metálica.



Figura 43:
Colocación de Shotcrete.



Figura 44:
Resultados del sostenimiento.



Tabla 11:

Elementos de sostenimiento propuesto Nv 400.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO - NV.400 "MINA ALPAMARCA "								
Sección Tipo "Sostenimiento"	ST-I	ST-II Perno (m)	ST-III A Perno Malla (m)	ST-IV Perno Malla Shot (m)	ST-V (Intersección) Perno Malla Shotcre Cable	Total	Unidad	
Sección de Excavación 4.0 X 4.0m	0	50.73	396.37	103.5015	177.39	727.9915		
Material	Perno Helicoidal 7' (2.10m largo, diam. de 22mm) c/placa	.	380.475	2972.78	776.26	1330.43	5460	Unidad
	Cembol		1902.375	14863.875	3881.30625	6652.125	27300	Unidad
	Resina		760.95	5945.55	1552.5225	2660.85	10920	Unidad
	Malla Electro soldada (4"x4")	-	-	3963.70	1035.02	2023.90	7023	m2
	Arena para shotcrete	-	-	-	124.2018	121.2	245	m3
	Cemento Tipo I (10 bols/m3)	-	-	-	1242.018	1212	2454	Bolsas
	Fibra de acero	-	-	-	1242.018	1212	2454	Kilos
	Aditivo de fragua rapida	-	-	-	621.009	606	1227	Galones
	Cable Bolting (cable de acero de 0.6"; 15.24 mm de diámetro), con planchuela, cuña barril y de longitud 6m; 12 cables/Intersección.	-	-	-	-	132	132	Unidad
	Tubería de PVC de ¾" para la inyección de cemento grauteado a presión.	-	-	-	-	660	660	Unidad
	Cemento Tipo I (10 bols/m3)	-	-	-	-	66	66	Bolsas
	Aditivo de fragua rapida	-	-	-	-	99	99	Galones
	Fierro corrugado de 3/8" para Arco Noruego con malla electrosoldada.	-	-	-	-	120	120	Varillas
	Alambre # 16 y/o Cintillo para acople de malla / grapa					60	60	Kilos

4.1.6. Servicios auxiliares

Se contará con la debida anticipación con el personal adecuado, los recursos y el equipamiento para la instalación de los servicios auxiliares considerando: mangas de ventilación, tuberías y accesorios, tableros de arranque para sus equipos, cables de arrastre, alcayatas, ventiladoras, compresoras y luminarias serán asumidos por el postor. Todos los suministros y equipos deberán cumplir con el estándar de seguridad calidad de Alpamarca. PPM Seguridad Eléctrica, PPM de aislamiento y bloqueo de energía, PPM equipos Móviles, PPM Espacios confinados, PPM Macizo rocoso y PPM Inundaciones y desborde.

Respecto al suministro de energía eléctrica

Se deberá tener en cuenta:

El punto de entrega de energía será suministrado por CMCH UEA Alpamarca, hasta los tableros diferenciales de distribución de baja tensión 440 V, los cuales contienen (relé diferencial, perdidas de fases y relé de sobre

tensiones). Estos estarán ubicados en un nicho según diseño estándar para alojar los tableros de arranque e ITM. A unos 120m del grupo electrógeno y/o SSEE de 1MVA. Considerando los tableros de arranque para sus equipos eléctricos, tablero de distribución y cables eléctricos de acuerdo con su necesidad de desarrollo de sus actividades a ejecutar, siendo de responsabilidad, la instalación, mantenimiento y reparación de estos componentes. Los suministros dados por el postor deberán cumplir el estándar de tableros eléctricos y cables SHD-GC, 5 hilos apantallado Penta polar, los tableros de arranque debe contar como mínimo la protección de ground fault y ground check. Según estándar. Cumplir Estándar de tableros de alimentación de energía en equipos móviles y movibles ESO-VOL-MAN-01-01.

Se suministrará e instalará todos los equipos eléctricos necesarios bajo su cargo los cuales deberán cumplir los estándares de PPM Seguridad Eléctrica, a fin de evitar accidentes e incidentes a la persona o al equipo. Para ello deberán contar con personal técnico electricista calificado y certificado en la ejecución de estos trabajos.

Las instalaciones se deberán realizar acorde con las indicaciones en el Código Nacional de Electricidad, y la regulación aplicable a este tipo de operaciones en entornos mineros con operaciones subterráneas.

Instalación de Servicios de Agua:

Los servicios de agua se realizarán mediante tuberías de polietileno de 4" de diámetro y/o 2" de diámetro respectivamente, las cuales estará suspendidas mediante alcayatas de 5/8" x 0.60 m. Estas tuberías estarán como máximo a 60 metros del tope. Todas las válvulas deberán contar con su sistema antigolpes. Las líneas de tubería deben estar bien alineadas instaladas en el externo opuesto a las líneas eléctricas. Las conexiones de las líneas a las válvulas deberán ser con abrazaderas de presión con la señalética respectiva

del sentido de flujo. Se debe contar con válvulas principales y válvulas secundarias para cortar el flujo en caso de reparaciones líneas abajo.

Tabla 12:
Distribución de personal empleados.

PROCESO	ACTIVIDAD	CARGO	GUARDIAS			Total
			A	B	C	
DIRECCION DE PROYECTO	DIRECCION	Residente	1			1
	SUPERVISION	Jefes de seccion Supervisores	1	1	1	2 1
	OFICINA TECNICA	Ing. Geomecanico		1		1
SEGURIDAD	SEGURIDAD	Jefe de seguridad Ingeniero de seguridad	1	1	1	1 2
ADMINISTRACION	ADMINISTRACION	Asist. Administrativo	1			0 1
LOGISTICA	ALMACEN	Asis. Almacen Bodeguero		1	1	1 1
MANTENIMIENTO	MECANICOS	Planner	1			1
		Mecanicos M1	1	1	1	3
		Mecanico - electrico E2		1	1	2
		Mecanicos neumaticos			1	1
		Conductores	1	1	1	3
			7	7	7	21

Tabla 13:
Distribución de personal obrero

ACTIVIDAD	CUADRILLAS	CARGO	DISTRIBUCION POR GUARDIAS								
			MES 1			MES 2			MES 3		
			Gda A	Gda B	Gda C	Gda A	Gda B	Gda C	Gda A	Gda B	Gda C
AVANCES LINEALES	Perforación	Operador de Jumbo	-			-			-		
		Ayudante Operador de Jumbo	-			-			-		
	Limpieta	Operador de Retroexcavadora	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Voladura/Servicios	Maestro Cargador de Explosivos	-			-			-		
SOSTENIMIENTO	Cable Bolting	Ayudante Cargador de Explosivos	-			-			-		
		Operador de Simba	-			1.0			1.0		
		Ayudante Operador de Simba	-			1.0			1.0		
		Operador de Bomba de Inyección	-			-			-		
SOSTENIMIENTO	Shotcrete/Concreto Vía húmeda	Operador de Bomba de Concreto	-			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		Maestro de Sostenimiento	-			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		Ayudante de Sostenimiento	-			3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Arcos noruegos/Concreto Encofrado/Cable Bolting Pernos de anclaje	Maestro de Sostenimiento	-			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		Ayudante de Sostenimiento	-			2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
		Operador de Empernador	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SERVICIOS AUXILIARES		Ayudante Operador de Empernador	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Telehandler	Operador de Telehandler	-			-			-		
	Scaler	Operador de Scaler	1.0	1.0	1.0	-			-		
	Servicios Auxiliares	Maestro de Servicios Auxiliares	-			-			-		
		Ayudante de Servicios Auxiliares	-			-			-		
	Bomberos mina	Bombero Mina	-			-			-		
	Equipos Menores	Operador Electricista	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Bodega/Lámparas/Explosivos	Bodeguero	-			-			-			
Total mano de obra directa			5.0	5.0	5.0	14.0	12.0	12.0	14.0	12.0	12.0

4.1.7. Requerimientos ambientales

Debe cumplir con los requisitos de acuerdo con el Estándar de Gestión de Contratistas.

Tabla 14:
Requerimientos ambientales.

Protocolos	Requisitos	Cumplimiento			
		Q I	Q II	Q III	Q IV
Gestión Ambiental	Estándares y documentos de Gestión Ambiental	X	X	X	X
	Política de Medio Ambiente	X	X	X	X
	Identificación de riesgos Ambientales	X	X	X	X
	Programa de verificación de controles de prevención de contaminación Ambiente.	X	X	X	X
	Evaluación Ambiental de empresas Proveedoras y contratistas.		X	X	X

Dichos requisitos deben considerar lo siguiente:

Estándares y documentos de Gestión:

Todos los estándares de trabajo y procedimientos en las actividades a desarrollar deben considerar los Riesgos Críticos Ambientales.

Identificar programa de manejo ambiental, donde se deben describir las siguientes actividades:

- Objetivos.
- Alcances.
- Política.
- Acciones de control y mitigación de Impactos.
- Programa de capacitaciones de acuerdo con los Riesgos Críticos Ambientales.

Tabla 15:
Riesgos críticos ambientales.

RCA	DESCRIPCIÓN	LOGO
Nuevos Proyectos	Incorpora la variable ambiental durante todo el ciclo de vida del proyecto: concepción, planificación, construcción, operación y cierre.	
Efluentes Líquidos Fuera de los Límites	Identifica de riesgos, controles y mediciones para determinar el balance hídrico para incrementar la recirculación y reducir los impactos por el consumo de agua fresca y la calidad del vertimiento de efluentes.	
Ruptura de Relaveras	Establece una metodología que asegura el monitoreo, control y evaluación de la operación de los depósitos	

	de residuos (Relavera y desmontera)	
Inadecuada Disposición de Residuos Sólidos	Identifica riesgos, controles para caracterizar los residuos buscando la reutilización y disposición final así como el manejo y control de la cantidad y calidad de los residuos metalúrgicos e industriales generados en la unidad.	
Degradación de Áreas	Establece los lineamientos para la elaboración, contratación y ejecución de los cierres de componentes mineros	
Accidentes Durante la Carga de Sustancias Químicas Peligrosas	Identifica de riesgos en rutas de transporte, lineamientos de respuesta a emergencia en caso de un accidente y requisitos para trasportistas.	
Emisiones Atmosféricas	Identifica riesgos, controles para los posibles impactos generados por la dispersión de contaminantes de emisiones atmosféricas de fuentes fijas, móviles y fugitivas.	
Desperdicio de Recursos Naturales	Identifica riesgos, controles para los posibles impactos generados el consumo de	

	los recursos naturales utilizados en la actividad minera.	
--	---	--

- Plan de Manejo de residuos Sólidos, minerales y no minerales.
- Programa de limpieza de canales y pozas de sedimentación (para evitar el incremento de solidos en el efluente).
- Programa de mantenimiento de equipos y kit (para evitar contacto de aceites, combustible con el efluente).
- Plan de contingencia y emergencias ambientales en los siguientes escenarios:
 - Derrame de sustancias químicas.
 - Derrame de hidrocarburos.
 - Generación de efluentes fuera de los límites máximos permisibles.
 - Derrame de lodos de la perforación.

4.1.8. Requerimiento de seguridad y salud ocupacional

A continuación, se describe los principales requerimientos del Sistema de Gestión Integrado de Seguridad, Salud ocupacional, para su cumplimiento.

Riesgos potenciales de las labores a ejecutar

La ejecución del Reforzamiento del Sostenimiento de labores de drenaje subterráneas (Rampa y crucero) nivel 400, el cual se encuentra expuesto a los peligros mortales: bloqueo/Aislamiento de energía; operaciones en altura; áreas confinadas, aire irrespirable / nocivas; Equipamiento móvil; Falla del cuerpo de rocas (roca suelta); Seguridad eléctrica; Respuesta a emergencia; Incendio y explosión; Explosivos y voladuras; Manejo de llantas y aros. Para estos trabajos se hace la evaluación de acuerdo con los criterios de evaluación de riesgos del alcance del servicio (REG-VOL-GLO-06-04 del estándar de gestión de contratistas):

Resultando con grado de riesgo de extremo impacto SSOMAC para las operaciones de Volcán), por lo siguiente:

Severidad: Pérdida mayor y Probabilidad: Posible (Nivel de riesgo: 8).

Tabla 16:

Matriz de grado de riesgo de alcance del servicio

	VOLCAN	Código	REG-VOL-GLO-06-03
	SISTEMA INTEGRADO SSOMAC	Revisión	01
	Título:	Área	SSO
	Matriz de Grado de Riesgo de Alcance del Servicio	Páginas	1/1

Item	Unidad	Área	Empresa (Razón Social)	Administrador de Contrato	Proceso	Actividad del Servicio o Contrato / N° Contrato	Grado de Riesgo	Cuadrante
1	Apamarca	Mina		Gelbert Neira	REFORZAMIENTO DE SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRANEAS DE DRENAJO NIVEL 400	Mina Subterránea	8	Q, IV

Matriz de riesgo

DESCRIPCION DEL PELIGRO	RIESGO	EVALUACION IPER			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACION RIESGO RESIDUAL		
		A	M	B		A	M	B
VEHICULO EN MOVIMIENTO	Atropellos	A	M	B	<p>El peatón tiene preferencia de pase.</p> <p>Si los peatones no pueden moverse a una posición de seguridad en el camino, se deberá parar el vehículo a 6 m. del peatón, aproximadamente, bajar las luces y permitir que los peatones pasen el vehículo 6 m. aproximadamente antes de continuar.</p> <p>Tocar la bocina 2 veces para advertir la marcha del vehículo.</p> <p>Evidenciar mantenimiento preventivo del vehículo conforme lo indica el fabricante.</p> <p>Conductor debe tener autorización interna de manejo de Volcan vigente.</p> <p>Todo vehículo / equipo debe cumplir lo requerido en el RITRA de Volcan.</p> <p>Los registros de check list de preuso no deben tener observaciones, de lo contrario aplicar el PARE; verificar el funcionamiento correcto de cámara de retroceso y alarmas de proximidad. Sistemas de luces en perfectas condiciones.</p> <p>Uso de llantas pantaneras que cumpla lo indicado en el RITRA de Volcan.</p>	A	M	B
	Choque, colisión con otros vehículos u objetos	A	M	B	<p>Queda prohibido que el conductor haga uso del celular o radio mientras esté conduciendo el vehículo / equipo</p> <p>En caso se deba atender una llamada o realizar otra actividad con urgencia, el conductor deberá estacionar el vehículo.</p> <p>Mantenimiento permanente de vías.</p> <p>Uso de llantas pantaneras en buen estado.</p> <p>Conductor debe tener licencia de manejo interno del Volcan vigente.</p> <p>El equipo debe cumplir lo requerido en el RITRA de Volcan.</p>	A	M	B

ROCAS SUELTAS	Derrumbe, caída de rocas			Verificación de techos y hastiales (Check list de "Inspección de instalaciones subterráneas"), desate permanente, disponibilidad de juego completo de barretillas; cumplir con el sostenimiento según programación y estándar definido. Personal calificado y autorizado. Inspección posterior a proceso de voladura externa (Tajo Alpamarca)			
GASES DE COMBUSTION	Emisión de gases al ambiente, asfixia			Monitoreo de gases de combustión, cumplimiento con LMP. Monitoreo continuo de calidad de aire, asegurar ventilación.			
ESCASA ILUMINACIÓN	Caídas a Nivel, golpes			Asegurar iluminación según requerimiento 300- 500 lux. Los accesos deben estar nivelados y libre de obstáculos en todo momento. Los accesos deben estar señalizados con letreros y cintas de seguridad.			
HERRAMIENTAS MANUALES	Golpes, atricciones			Toda herramienta debe ser estándar certificada, en buenas condiciones y uso según su aplicación, debidamente inspeccionada y codificada, herramientas estandarizadas deben contar con memorias de cálculo y diseños aprobados por comité multidisciplinario. Prohibido el uso de herramientas o equipos hechizos.			
COMBUSTIBLES, ACEITES, GRASAS	Incendios, explosiones			Todos los equipos deben contar con sistemas de detección y supresión de incendios según RITRA, partes calientes con mantas ignífugas, equipos sin fugas de fluidos (Verificar en check list de preuso). Mapeo y segregación de materiales inflamables y/o combustibles. Sustancias químicas con hojas MSDS disponibles. Disponibilidad y uso de autorrescatadores.			
VOLADURA EXTERNA (TAJO ALPAMARCA)	Exposición a voladura			Reunión de coordinación diaria con Operaciones Tajo, participación en meeting de voladura, evacuación según proceso de voladura externa (Tajo Alpamarca)			

ENERGIA ELÉCTRICA	Electrocución		Tableros, instalaciones, cableado y sistemas de protección eléctrica según estándar, conexiones a tierra, protecciones diferenciales. Identificación y mapeo de las fuentes de energía. Trabajos eléctricos únicamente por personal calificado y autorizado. Uso de herramientas y EPP dieléctricos. Disponibilidad de detectores de tensión sin contacto. Toda instalación debe ser verificada y aprobada por el Área de Mantenimiento Eléctrico de Alpamarca.		
EXPOSICIÓN AL RUIDO	Hipoacusia		Uso de orejeras y/o tapones auditivos. Pausas activas.		

4.1.9. Costos de ejecución

El costo de ejecución se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla 17:
Costos.

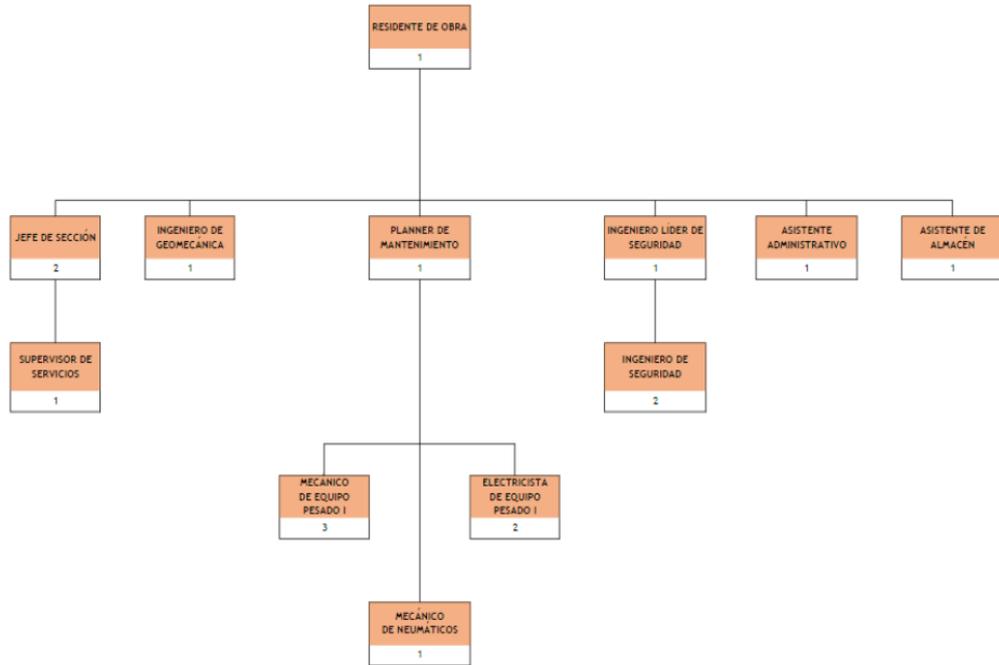
Ítem	Descripción	Cantidad Estimada	Unidad de Medida	Costo Directo [USD]	Utilidad [USD]	Gastos Generales [USD]	Precio Unitario [USD]	Monto Estimado [USD]
1.00	SOSTENIMIENTO							291,768.81
1.01	Instalación de perno helicoidal de 2.1 m	5,460.00	und	17.57	1.72	-	19.29	105,323.40
1.02	Instalación de malla electrosoldada N°8 de 4"x4"	7,023.00	m2	13.05	1.27	-	14.32	100,569.36
1.03	Instalación de arco noruego	20.00	und	332.75	33.27	-	366.02	7,320.40
1.04	Preparación y colocación de concreto f'c= 210 kg/cm2	272.67	m3	77.50	7.30	-	84.80	23,122.13
1.05	Instalación de cable bolting de 6m (no incluye equipo de perforación ni su operador)	132.00	und	37.66	3.77	-	41.43	5,468.76
1.06	Fierro corrugado de 3/8"	120.00	und	16.98	1.70	-	18.67	2,240.40
1.07	Encofrado y desencofrado	-	m2	30.01	3.00	-	33.02	-
1.08	Instalación de cable eléctrico G-GC 3 X 4/0AWG + tierra	-	m	94.46	9.45	-	103.91	-
1.09	Instalación de cable eléctrico G-GC 3 X 2/0AWG + tierra (cantidad estimada)	-	m	69.01	6.90	-	75.91	-
1.10	Preparación y colocación de shotcrete 2" - convencional	2,170.28	m2	20.03	1.96	-	21.99	47,724.36
2.00	COSTO DE EQUIPOS PESADOS Y MENORES							149,397.06
2.01	Alquiler de desatador de rocas (incluye operador)	1.00	mes	30,877.06	2,877.71	-	33,754.77	33,754.77
2.02	Alquiler de retroexcavadora 1 yd3 (incluye operador)	2.50	mes	14,747.48	1,241.65	-	15,989.13	39,972.83
2.03	Alquiler de telehandler (incluye operador)	1.50	mes	15,077.33	1,245.23	-	16,322.56	24,483.84
2.04	Alquiler de jumbo taladros largos Raptor para cable bolting (incluye operador)	1.00	mes	32,508.41	3,180.70	-	35,689.11	35,689.11
2.05	Alquiler de compresora 750 CFM (no incluye combustible)	1.00	mes	10,787.74	1,078.77	-	11,866.51	11,866.51
2.06	Alquiler de tablero de distribución	2.00	mes	812.50	81.25	-	893.75	1,787.50
2.07	Alquiler de tablero de arranque	2.00	mes	837.50	83.75	-	921.25	1,842.50
3.00	GASTOS GENERALES (MONTO FIJO MENSUAL)							197,712.10
3.01	Gastos generales	2.50	mes			79,084.84	79,084.84	197,712.10
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO [USD]								638,877.97

- Las tarifas no incluyen el Impuesto General a las Ventas (I.G.V.).
- Las tarifas son en dólares de los Estados Unidos de Norte América.
- Las tarifas incluyen utilidad (10%).
- Las tarifas no incluyen ni consideran costos asociados a la emergencia sanitaria declarado en nuestro país por el COVID-19.
- El tipo de cambio es de S/.3.70= US 1 dólar americano.

4.1.10. Organigrama

Figura 45:
Organigrama.

Organigrama y Relación de Personal



4.1.11. Resumen del sostenimiento

Presentamos el resumen de los trabajos realizados en el reforzamiento del sostenimiento de labores mineras existentes (Rampa Nv. 400 y Crucero 400).

Tabla 18:
Resumen de sostenimiento.

RESUMEN DE SOSTENIMIENTO				
LABOR	Perno Helicoidal Und.	Malla Electro soldada M2	Shotcrete M3	Arcos Noruegos Und.
Rp 400	500	300	30	5
XC 400	1000	800	50	10
TOTAL	1500	1100	80	15

Figura 46:
Pernos Helicoidales.



Figura 47:
Malla electrosoldada.

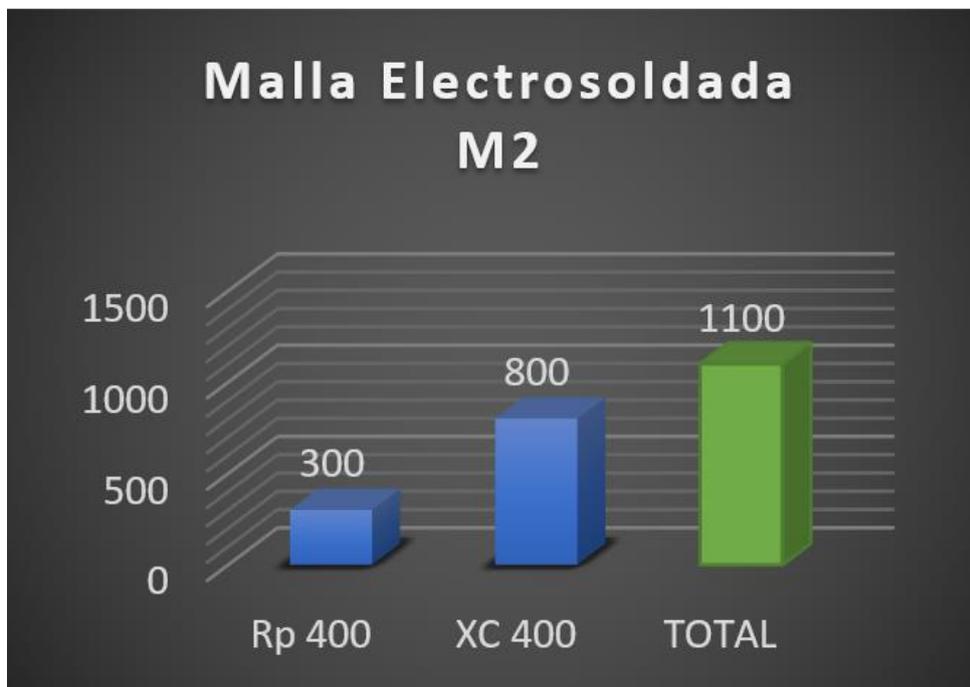


Figura 48:
Shotcrete.



Figura 49:
Arcos Noruegos.



4.2. Discusión de resultados

La investigación está dirigida a plantear el reforzamiento del sostenimiento de labores mineras existentes (Rampa Nv. 400 y Crucero). Y en la instalación de servicios auxiliares que considera colocar cáncamos para tuberías de bombeo y energía eléctrica.

El Reforzamiento de las labores existentes consiste en:

- Instalación de perno helicoidal de 22 mm de diámetro y de 7 pies de longitud (ver diseño de instalación).
- Instalación de Malla Electrosoldada 4" x 4".
- Shotcrete vía húmeda.
- Cable bolting.

Los servicios auxiliares a considerar son:

- Instalación de alcayatas para tuberías de agua.
- Instalación de alcayatas para líneas de energía eléctrica.
- Desate de rocas manual.
- Limpieza de material suelto producto del desate.

Reforzamiento del sostenimiento de labores de drenaje subterráneas

Rampa y crucero nivel 400

El Reforzamiento del sostenimiento de labores de drenaje subterráneas Rampa y crucero nivel 400 se realizará en un tiempo de 4 meses, realizando 20 m. de sostenimiento de la Boca mina a tajo, 371 m. de sostenimiento del crucero Nv. 400, 337 m. de sostenimiento de la rampa Nv. 400, haciendo un total de 728 m.

Instalación de pernos para sostenimiento

- La instalación de los pernos será con método mecanizado (jumbo emperador), para el inyectado de los cartuchos de resina y/o cemento más la colocación del perno.

- Los pernos serán barras de acero helicoidal de 2.1 m de longitud y 22 mm de diámetro, serán rellenados completamente con cartuchos de resinas.

Colocación de malla electrosoldada

- La malla electrosoldada deberá adherirse totalmente a la roca.
- La malla debe ser colocado de gradiente a gradiente y con traslape de 3 cocos.

Sostenimiento con shotcrete

El sostenimiento con este elemento se realizará en coordinación con CMCH.

La aplicación de shotcrete vía húmeda se debe realizar con equipo robot con alta eficiencia.

El diseño de shotcrete para 01 m³ de arena son:

- 09 bolsas de cemento.
- 20 kg de fibra metálica.
- 05 galones, aditivo de fragua rápida.
- El rebote debe ser de 12% -15%.
- Debe tener una resistencia a las compresiones mayores de 223 kg/cm² a los 28 días.

Instalación de cable bolting

El sistema Cable Bolting está compuesto normalmente de los siguientes elementos:

- Cableado de acero de 0.6" (15.24 mm) con una longitud diametral 06 metros, liso y/o con bulbos si es necesario.
- Bulbos tipo jaulas de aves con mezcla de resina en caso de ser necesario.
- Un clip de sostenimiento en el extremo que incluye: una cabeza cuadrangular de 1-1/8 pulgadas, una celda de ensamble en cuña y un tubo de rigidez en el que se invierta el cableado.

- Un clip para asegurar en la parte posterior de la placa que incluye: una cuña de 0.6" en forma de cono con diámetro menor para fijar externamente el cableado, un barril de fondo en forma de cono que aloje la cuña
- Placa con el espesor de 12 mm para apoyo que genere interacciones entre la superficie y el cableado.
- Tubos de PVC de ¾ " para inyectar el cemento grauteado a altas presiones.
- Un vástago de tramo libre del cableado con unos 15 a 20 centímetros para tensar posteriormente.

Instalación de Arco Noruego con malla electrosoldada, estructura prefabricada con fierro corrugado (grapa).

El sistema reemplaza a la cimbra metálica y está compuesto por:

- Malla Electrosoldada de 30cm de ancho, largo 12m (en toda la superficie de la sección del túnel), adherido a estructura prefabricado (grapa) y malla existente.
- Fierro corrugado de 3/8" para construcción de estructura prefabricado (Grapas).
- El Acople de la malla electrosoldada al refuerzo prefabricado (grapa) será usando alambres o cintillo.
- La estructura debe estar cubierto por shotcrete con resistencia de 280 kg/cm2.

Elementos de sostenimiento

La cantidad de elementos requeridos para el sostenimiento son:

- | | |
|------------------------|-----------------|
| - Pernos Helicoidales | 5460 unidades |
| - Cembol | 27,300 unidades |
| - Resina | 10,920 unidades |
| - Malla electrosoldada | 7023 m2 |
| - Arena para shotcrete | 245 m3 |
| - Cemento tipo I | 2454 bolsas |

- Fibra de acero	2454 kilos
- Aditivo de fragua	1227 galones
- Cable bolting	132 unidades
- Tubería de PVC	660 unidades
- Cemento tipo I	66 bolsas
- Aditivo de fragua	99 galones
- Fierro corrugado de 3/8 pulg.	120 varillas
- Alambre # 16 y/o cintillo	60 kilos

Suministro de energía eléctrica

Se suministrará e instalará todos los equipos eléctricos necesarios bajo su cargo los cuales deberán cumplir los estándares de PPM Seguridad Eléctrica, a fin de evitar accidentes e incidentes a la persona o al equipo. Para ello deberán contar con personal técnico electricista calificado y certificado en la ejecución de estos trabajos.

Instalación de servicios de agua

Los servicios de agua se realizarán mediante tuberías de polietileno de 4" de diámetro y/o 2" de diámetro respectivamente, las cuales estará suspendidas mediante alcayatas de 5/8" x 0.60 m. Estas tuberías estarán como máximo a 60 metros del tope.

Costo de ejecución

Esta estimado en.

Sostenimiento	291,768.81 \$
Costo de equipos pesados y menores	149,397.06 \$
Costos generales	197,712.10 \$
Total	638,877.97 \$

Resumen de sostenimiento realizado

- Pernos helicoidales colocados	1500
- Malla electrosoldada colocada	1100

- Shotcrete colocado 80 m3
- Arcos Noruegos colocados 15

CONCLUSIONES

1. Se logro el reforzamiento del sostenimiento de labores mineras existentes (Rampa Nv. 400 y Crucero). Y de las instalaciones de servicios auxiliares que considera colocar cáncamos para tuberías de bombeo y energía eléctrica.
2. El Reforzamiento de las labores existentes consiste en: Instalación de perno helicoidal de 22 mm de diámetro y de 7 pies de longitud, instalación de Malla Electrosoldada 4" x 4", Shotcrete vía húmeda, Cable bolting y Arcos Noruego.
En cuanto a los servicios auxiliares se consideró la Instalación de alcayatas para tuberías de agua y para las de energía eléctrica.
3. El Costo de ejecución del reforzamiento del sostenimiento de la Rampa Nv. 400 y Crucero estimado es de: Sostenimiento 291,768.81 \$, costo de equipo pesados y menores 149,397.06 \$, Costos generales 197,712.10 \$, haciendo un total de 638,877.97 \$.
4. Los materiales utilizados en el sostenimiento realizado en el reforzamiento del sostenimiento de la Rampa Nv. 400 y Crucero fueron: Pernos helicoidales colocados 1500 unid, Malla electrosoldada colocada 1100 unid, Shotcrete colocado 80 m3, Arcos Noruegos colocados 15 unid.
5. Los Riesgos potenciales de las labores a ejecutar a que se estuvo expuesto durante reforzamiento del sostenimiento de la Rampa Nv. 400 y Crucero fueron: Aislamiento/bloqueo de energía; operaciones en altura; zonas confinadas, aires irrespirables / nocivas; equipamiento movil; Falla del cuerpo rocoso (roca suelta); Seguridad eléctrica; Respuesta a emergencia; Incendio y explosión; Explosivos y voladuras; Manejo de llantas y aros.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el desmontaje de la infraestructura instalada de manera provisoria cuando se terminen de ejecutar las operaciones planificadas, además se deberán dejar las zonas de operaciones, libres de cualquier elemento extraños y sin escombros de manera para no causar posteriores problemas.
2. Se recomienda respetar el mapeo Geomecánicos realizado en el crucero y rampa del Nv 400, al determinar y realizar el tipo de sostenimiento para cada calidad de roca.
3. Se recomienda respetar los estándares de gestión ambiental y se debe considerar siempre los riesgos críticos tanto de seguridad como los ambientales al realizar la ejecución del reforzamiento del sostenimiento de la Rampa Nv. 400 y Crucero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTUDILLO, TORO, C. (2020). *PROPUESTA DE MEJORA EN LA FORTIFICACIÓN EN MINA CERRO NEGRO DEL 1 AL 12*. [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MAR] repositorio institucional UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA - Chile.
- BAENA, G. (2017). Metodología de la investigación. En G. E. PATRIA (Ed.).
- CERRON, J. (2020). *Propuesta de elección de tipo de sostenimiento por utilizarse en la Unidad de Producción Yauricocha, Lima-2020*. [tesis de bachiller Universidad continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- ESPINOZA, J. (2011). *SOSTENIMIENTO MECANIZADO EN LABORES MINERAS, EN LA COMPAÑÍA DE MINAS VOLCAN S.A.A – UNIDAD DE PRODUCCION ANDAYCHAGUA*. [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- JIMENEZ, L. (2021). *Desarrollo de herramientas de diseño para la estabilidad de excavaciones en mina Orcopampa*. [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] repositorio institucional Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- LAURENTE, R. (2017). *Uso de shotcrete vía húmeda con fibra metálica y su influencia en la caída de rocas en Sociedad Minera Corona S.A. - Yauricocha*. [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
- MAMANI, H. (2014). *“IMPLEMENTACIÓN DEL INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA MODIFICADO EN EL SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO PARA EL CONTROL DE ACCIDENTES POR CAIDA DE ROCAS EN MINA UCHUCCHACUA” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE*

AREQUIPA. [tesis de licenciamiento, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

ORELLANA, E. (2020). *Selección de la alternativa óptima de sostenimiento en rampas para el control de inestabilidades subterráneas*. [tesis de posgrado Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Perú.

REYES, M. (2019). *DISEÑO Y PLANEAMIENTO DE MINADO PARA LA AMPLIACIÓN DEL LOM DEL TAJO NORTE – ALPAMARCA – VOLCAN S.A.A – 2019*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo] repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

SANCHEZ, E. (2020). *Sostenimiento subterráneo en minería. Apuntes de clases de sostenimiento*.

SUASNABAR, P. (2019). *Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A.* [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.

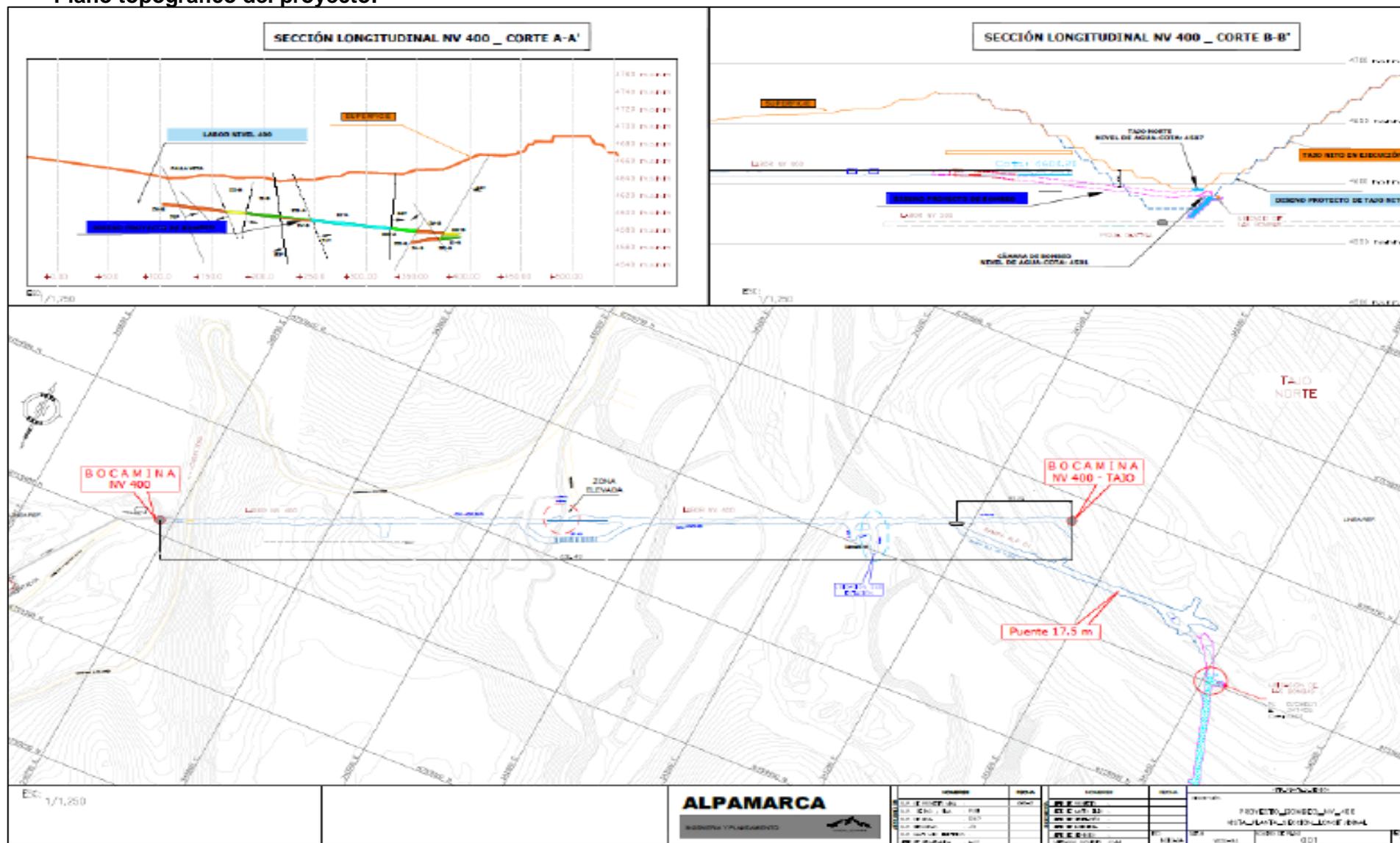
SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. (E. Universitario, Ed.) Lima.

TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edición ed.). (L. N. Editores, Ed.)

ANEXO

Instrumentos de Recolección de datos

Plano topográfico del proyecto:



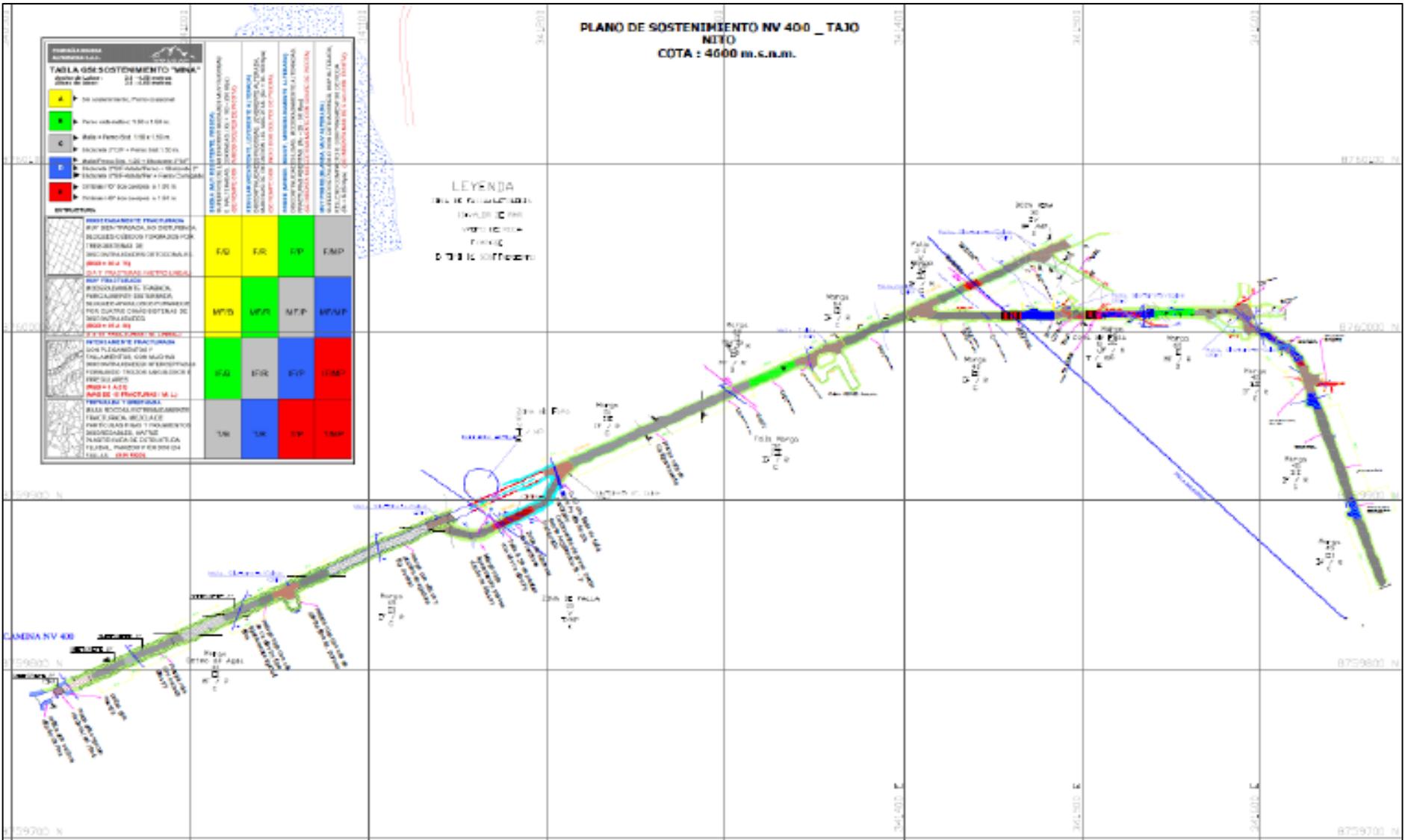
PLANO DE SOSTENIMIENTO NV 400 _ TAJO
MITO
COTA : 4600 m.s.n.m.

TABLA DE SOSTENIMIENTO "MINA"
 Área de Loteo : 21 - 22 hectáreas
 Área de Suelo : 21 - 22 hectáreas

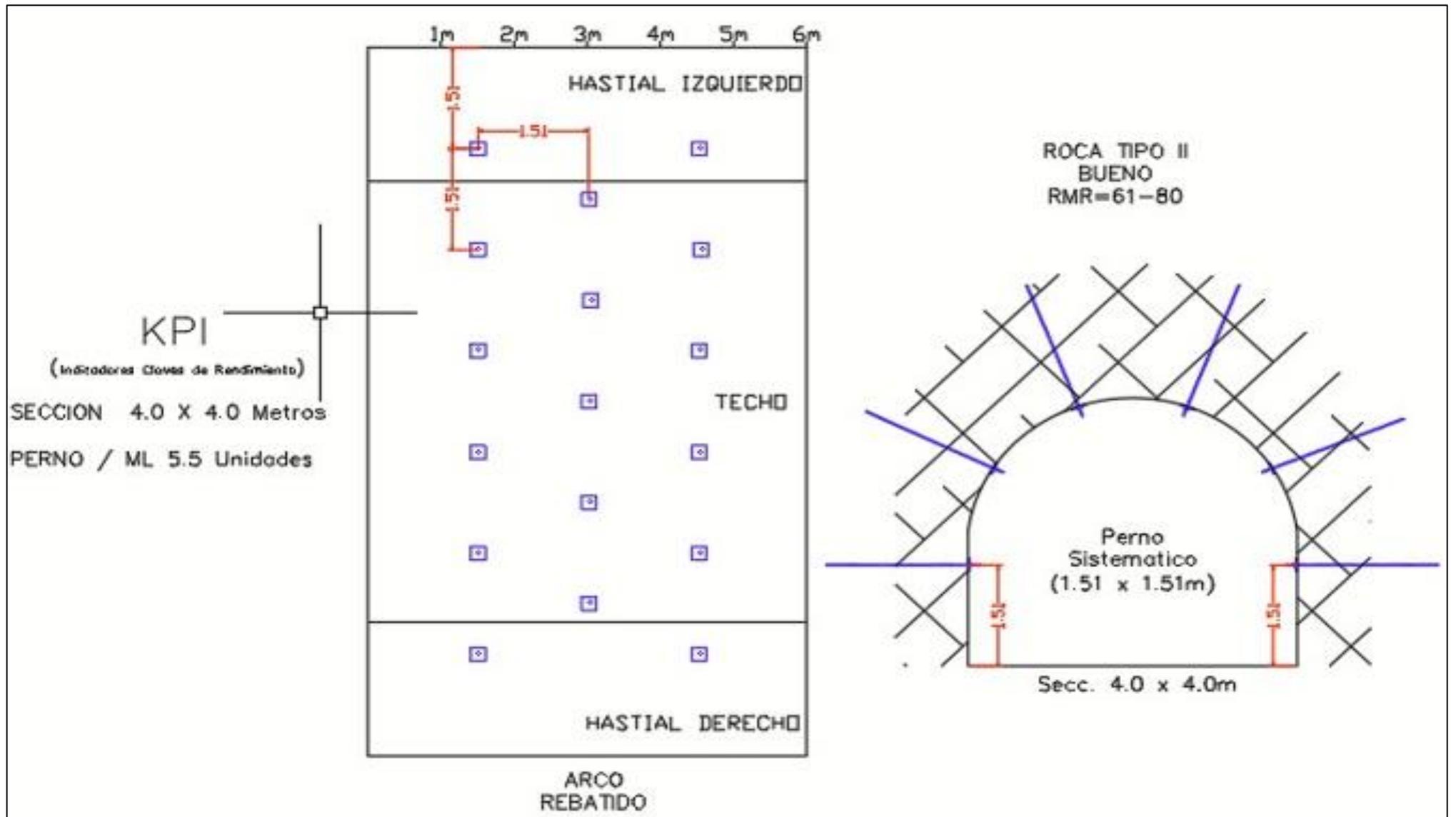
A	SE ADMINISTRATIVO, PLAN DE SOSTENIMIENTO
B	SE PLAN DE SOSTENIMIENTO, 1:500 y 1:1000
C	SE PLAN DE SOSTENIMIENTO, 1:500 y 1:1000
D	SE PLAN DE SOSTENIMIENTO, 1:500 y 1:1000
E	SE PLAN DE SOSTENIMIENTO, 1:500 y 1:1000
F	SE PLAN DE SOSTENIMIENTO, 1:500 y 1:1000
G	SE PLAN DE SOSTENIMIENTO, 1:500 y 1:1000

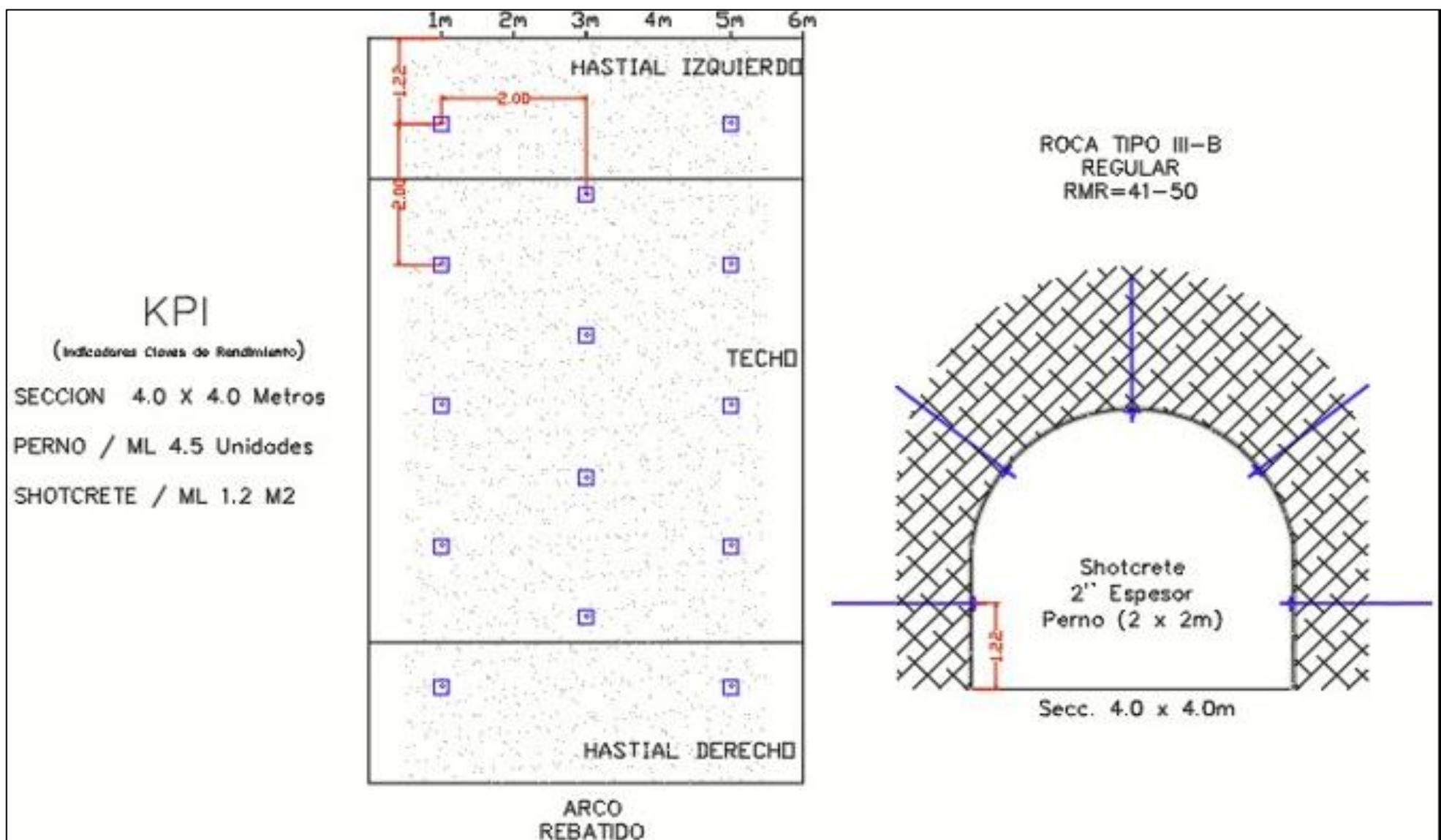
	FQ	FR	FR	FMP
	MFD	MFD	M.F.P	M.F.M.P
	MSA	MSA	MSA	MSA
	MSA	MSA	MSA	MSA

LEYENDA
 (SEÑAL DE IDENTIFICACION)
 (SEÑAL DE IDENTIFICACION)
 (SEÑAL DE IDENTIFICACION)
 (SEÑAL DE IDENTIFICACION)



 COMPAÑIA MINERA ALPAMARCA S.A.C. EMPRESA MINERA DE CARBON Y COQUE		NO. DE AUTORIZACION DE MINERÍA		FECHA DE VALIDEZ
		AUTORIZACION DE MINERÍA		
AUTORIDAD MINISTERIO DE MINERÍA	ASESOR INGENIERO	TÍTULO AUTORIZACION DE MINERÍA Y SOSTENIMIENTO NV 400 MITO DE PLANIA	NÚMERO 001	FECHA 2011-02-02
APROBADO INGENIERO	ELABORADO INGENIERO	ESCALA 1:500	PLAN 001	FOLIO 001-002





KPI

(Indicadores Claves de Rendimiento)

SECCION 4.0 X 4.0 Metros

PERNO / ML 4.5 Unidades

SHOTCRETE / ML 1.2 M2

HASTIAL IZQUIERDO

TECHO

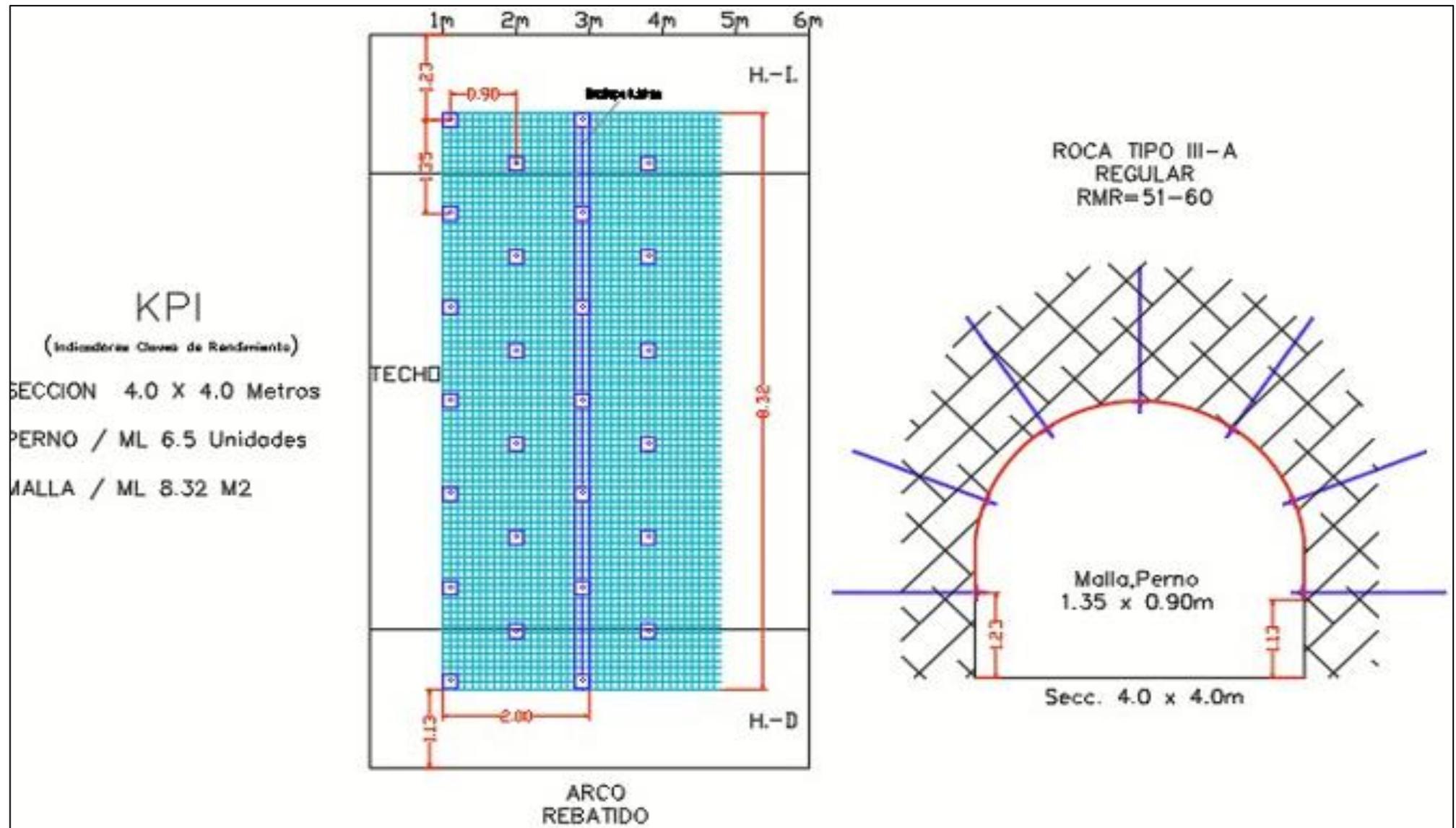
HASTIAL DERECHO

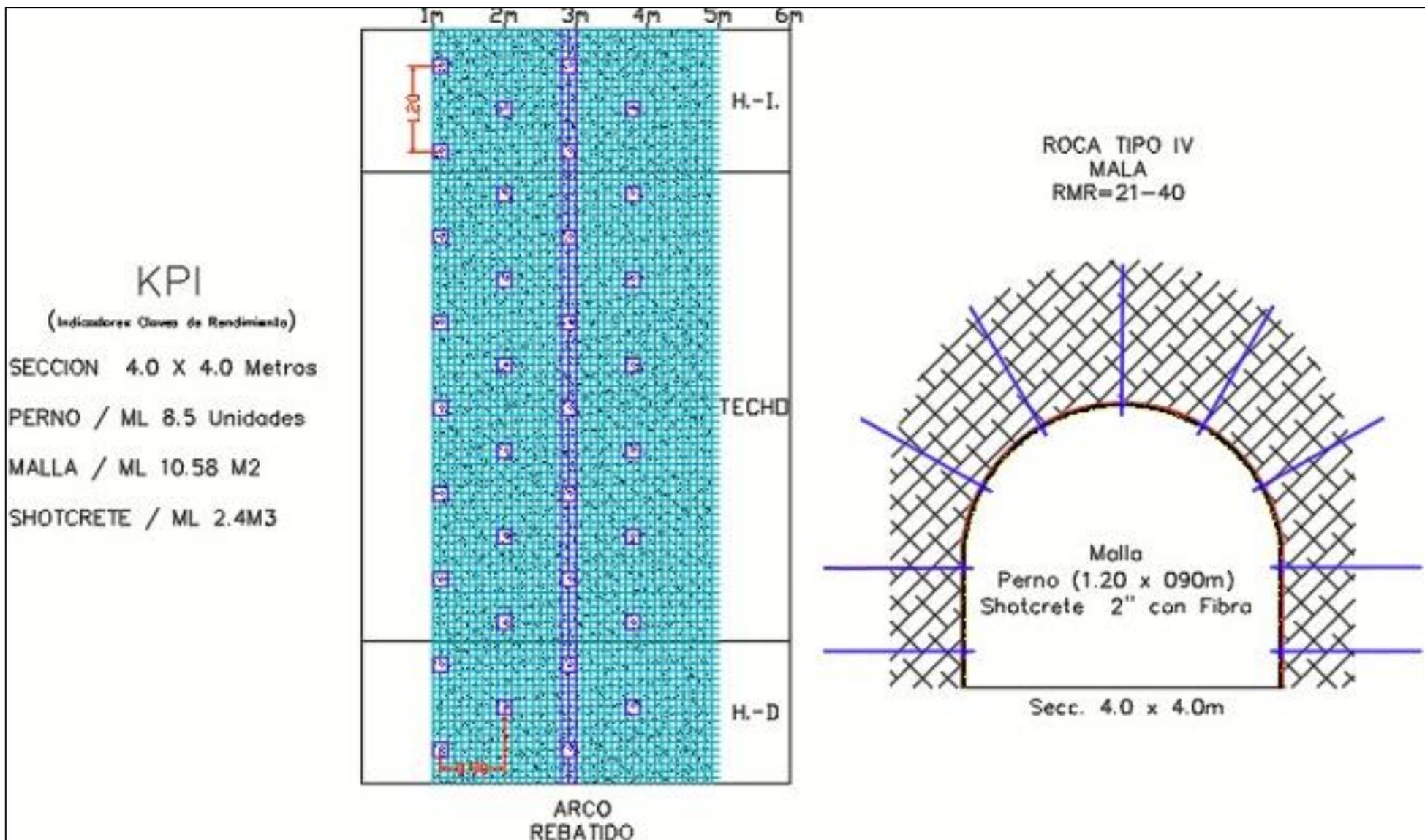
ARCO REBATIDO

ROCA TIPO III-B
REGULAR
RMR=41-50

Shotcrete
2'' Espesor
Perno (2 x 2m)

Secc. 4.0 x 4.0m





Matriz de consistencia

Título: “REFORZAMIENTO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES SUBTERRANEAS DE DRENAJE NIVEL 400, PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD, EN UEA. ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>2.3.1 Problema general ¿De qué manera podemos realizar el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC?</p> <p>2.3.2 Problemas específicos Problema específico a. ¿Al realizar el sostenimiento con pernos helicoidal y malla electrosoldada que procedimiento se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC?</p> <p>Problema específico b. ¿Al realizar el sostenimiento con Shotcrete y cable bolting que procedimiento se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC?</p>	<p>2.4.1 Objetivo general Determinar el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.</p> <p>2.4.2 Objetivos específicos Objetivo específico a. Determinar el sostenimiento con pernos helicoidal y malla electrosoldada que se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.</p> <p>Objetivo específico b. Determinar el sostenimiento con Shotcrete y cable bolting que se llevará a cabo en el nivel 400, para mejorar las condiciones de estabilidad, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.</p>	<p>3.4.1 Hipótesis General Al determinar el reforzamiento del sostenimiento de las labores subterráneas de drenaje en el nivel 400, se podrá mejorar las condiciones de estabilidad de las labores, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.</p> <p>3.4.2 Hipótesis específicas Hipótesis específica a. Al determinar el sostenimiento con pernos helicoidal y malla electrosoldada en el nivel 400, se podrá mejorar las condiciones de estabilidad de las labores, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC</p> <p>Hipótesis específica b. Al determinar el sostenimiento con Shotcrete y cable bolting en el nivel 400, se podrá mejorar las condiciones de estabilidad de las labores, en UEA ALPAMARCA – COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC.</p>	<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general. Variable independiente Reforzamiento del sostenimiento Variable dependiente Mejora de la estabilidad de las labores.</p> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variables para la hipótesis específica. a Variable independiente. Sostenimiento con pernos Helicoidal, mallas metálicas. Variable dependiente. Mejora de la estabilidad de las labores. Variables para la hipótesis específica. b Variable independiente Sostenimiento con shotcrete, cable bolting. Variable dependiente Mejora de la estabilidad de las labores.</p>	<p>-Tipo de i Aplicado. -Nivel de I Descriptivo. -Método de I. métodos deductivos. -Diseño de I. no experimental transversal. -Muestra de I. está constituido por las labores subterráneas de drenaje Nivel 400 cruce y rampa negativa de 4.0 m x4.0 m.</p>