

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



T E S I S

**Sostenimiento de chimeneas con el sistema Spraycrete para prevenir
accidentes en la Compañía Minera El Brocal**

Para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jefferson Luis CARLOS ROMERO

Asesor:

Mg. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



T E S I S

**Sostenimiento de chimeneas con el sistema Spraycrete para prevenir
accidentes en la Compañía Minera El Brocal**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



Firmado digitalmente por CONDOR SURICHAGUI Santa Silvia FAU 20154605046 soft
Firmado digitalmente por el autor del documento
05.05.2025 20:44:37 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 007-2025

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 Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Jefferson Luis CARLOS ROMERO

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

"Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal"

Asesor:

Ing. Julio Cesar SANTIGO RIVERA

Índice de Similitud: **19%**

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 26 de mayo de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios por permitirme llegar hasta este punto; A mi madre y hermanos por el amor, la motivación y el apoyo incondicional durante todos estos años, A mis abuelos por su comprensión y paciencia; A mi padre que desde el cielo es la luz que me das las fuerzas para seguir avanzando

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, A mi madre y hermanos porque ellos me impulsan a seguir con mis metas, también fueron el soporte material y económico; A mi alma mater y a mis docentes por todos los conocimientos transmitidos que me permitieron llegar a este punto; A mis familiares que creyeron en mí y siempre estuvieron apoyándome

RESUMEN

En la Compañía Minera El Brocal se efectúa el presente trabajo de investigación en referencia a la aplicación del sostenimiento con shotcrete en chimeneas por la ocurrencia de accidentes por desprendimiento de rocas en chimenea de la Mina El Brocal. La cual se denomina “Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal”.

El objetivo principal es determinar la influencia de la aplicación del sostenimiento con shotcrete en chimenea para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas en la Mina El Brocal, y nos planteamos la hipótesis general, Con el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete se tendrá la Prevención de Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

El Método de investigación es cuantitativo, nivel de investigación descriptivo y aplicativo, diseño de la investigación es analítico, en el sostenimiento con shotcrete con equipos Spraycrete. Concluimos nuestro estudio con el diseño de mezcla para el shotcrete proyectado por vía húmeda para el sostenimiento de chimeneas. Se consiguió normativizar las técnicas del lanzado de concreto para sostener las construcciones de chimeneas, lo cual redujo considerablemente el riesgo de caída de roca en las operaciones.

Palabras Clave: Sostenimiento de Chimeneas, Sistema Spraycrete, Prevención de Accidentes.

ABSTRACT

At the El Brocal Mining Company. This research work is carried out in reference to the application of shotcrete support in chimneys due to the occurrence of accidents due to rockfall in the chimney of the El Brocal Mine. Which is called “Chimney Support with the Spraycrete System to Prevent Accidents in the El Brocal Mining Company”.

The main objective is to determine the influence of the application of support with shotcrete in chimney for the prevention of accidents due to rockfall in the El Brocal Mine, and we propose the general hypothesis, With the Support of Chimneys with the Spraycrete System the Accident Prevention at the El Brocal Mining Company.

The research method is quantitative, descriptive and applicative research level, research design is analytical, in support with shotcrete with Spraycrete equipment. We conclude our study with the mix design for wet sprayed shotcrete for supporting chimneys. Concrete casting techniques to support chimney constructions were standardized, which considerably reduced the risk of rock falls in operations.

Keywords: Chimney Support, Spraycrete System, Accident Prevention.

INTRODUCCION

La presente investigación que lleva como título: “Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal”, tiene como objetivo general determinar en qué medida ayuda el equipo Spraycrete, en el control de accidentes de trabajo en el sostenimiento de chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.

En la metodología de la investigación se utilizó el tipo aplicativo - explicativo y de diseño experimental de carácter preexperimental; Principalmente que el uso del equipo Spraycrete, tiene un efecto de rentabilidad, ya que proporciona tiempos de operación más cortos y un mayor avance en el sostenimiento de chimeneas.

Para el análisis de las causas y efectos del problema se utilizaron tablas de ponderaciones para poder determinar las frecuencias de cada problema; Se realizó el análisis correspondiente para diagnosticar los problemas encontrados y determinando si existen causas relevantes que genera el equipo Spraycrete, en comparación del sostenimiento de chimeneas con otro sistema o método, determinando el grado de exposición del personal y los tiempos del lanzado de concreto.

En la minería peruana, una de las causas de accidentes es la caída de rocas, para lo cual existe una gran variedad de métodos de sostenimiento de chimeneas y labores mineras. En la presente investigación el objetivo es determinar si la aplicación de sostenimiento con equipos convencionales es más eficiente que los equipos modernos como el Spraycrete en el control de la caída de rocas. La presente investigación surgió debido al alto grado de accidentes en el proceso de sostenimiento por desprendimiento de rocas en la minería.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	13
1.3.1.	Problema general	13
1.3.2.	Problemas específicos	13
1.4.	Formulación de Objetivos	14
1.4.1.	Objetivo general	14
1.4.2.	Objetivos específicos.....	14
1.5.	Justificación de la investigación	14
1.6.	Limitaciones de la investigación	15

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	16
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	20
2.3.	Definición de términos básicos	24
2.4.	Formulación de hipótesis.....	29
2.4.1.	Hipótesis general	29
2.4.2.	Hipótesis específicas	29
2.5.	Identificación de las Variables	29

2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	30
------	---	----

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	31
3.2.	Métodos de la investigación	32
3.3.	Diseño de la investigación.....	32
3.4.	Población y muestras.....	32
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	34
3.7.	Tratamiento estadístico de datos	34
3.8.	Orientación ética.....	34

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del Trabajo de Campo.	35
4.2.	Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados	51
4.3.	Prueba de hipótesis	57
4.4.	Discusión de resultados	57

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página.
Ilustración 1. Plano de Ubicación de la Compañía Minera El Brocal.....	3
Ilustración 2. Mapa Geológico de la mina Marcapunta.	7
Ilustración 3. Robot lanzador Spraycrete	36
Ilustración 4. Bomba de Concreto TK20.....	38
Ilustración 5. Compresor portátil.....	40
Ilustración 6. Winche Eléctrico	41
Ilustración 7. Granulometría de Agregado	42
Ilustración 11. Aditivo Sika Tard	49
Ilustración 12. Fibra Polimérica BarChip.....	50
Ilustración 13. Plano Geológico de la chimenea	53
Ilustración 14. Conclusiones y recomendaciones por área geomecánica.....	53
Ilustración 15. Diseño de la Ubicación de Equipos de Shotcrete.....	55
Ilustración 16. Inspección de winche Eléctrico	56
Ilustración 17. Inspección de Bomba de Concreto	56
Ilustración 18. Medición de slump - shotcrete	58
Ilustración 19. Trasegado de concreto hacia la bomba TK20	59
Ilustración 20. Sistema de protección al personal (EPPs)	59
Ilustración 21. Chimenea para inicio de instalación de equipo	60
Ilustración 22. Instalación de equipos en la cámara	61
Ilustración 23. Proceso de sostenimiento con shotcrete en chimenea	61
Ilustración 24. Filmación de chimenea sostenida.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	30
Tabla 2. Dimensiones y características de Robot Lanzador.....	37
Tabla 3. Características de la Bomba de Concreto.....	37
Tabla 4. Datos técnicos de compresor portátil	40
Tabla 5. Datos técnicos de compresor portátil	41
Tabla 6. Datos técnicos de compresor portátil	41
Tabla 7. Datos técnicos de Winche Eléctrico	42
Tabla 8. 43	
Tabla 9. Diseño de Shotcrete.....	43
Tabla 10. Datos Técnicos de Aditivo MACFLU 110.....	45
Tabla 11. Datos Técnicos de Aditivo macfree plus.....	47
Tabla 12. Datos Técnicos de Aditivo Sika tard.....	50
Tabla 13. Características del producto.	51
Tabla 15. Diseño de Mezcla de Shotcrete	54
Tabla 16. Diseño Mejorado de Shotcrete	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Página.

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Formato de Control y Mejora

Anexo 3. Formatos Check List

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y determinación del problema

El sostenimiento en la ejecución de Chimeneas Alimak STH - 5E (Ch - Ak/STH - 5E), en las labores subterráneas es una tarea de grandes proporciones según sea el proyecto y de gran complejidad por los parámetros de eficiencia, donde el fin principal es garantizar la seguridad y la eficacia de los fines en ventilación, Ore Pass (paso de mineral), Servicios Auxiliares u otros; de estos proyectos, los cuales apoyaran en el método de explotación mecanizado Cut and Fill y en la profundización de la mina donde se realizan las labores de extracción de mineral. Una de las condiciones necesarias para que el sostenimiento se realice eficientemente luego de ser realizada una voladura vertical en estas chimeneas con Alimak, es la correcta indagación y evaluación del proceso de sostenimiento Estructural del Macizo Rocos, este es el punto de inicio para seguir en la tarea de seguridad de la exposición de personal sobre la plataforma en espacio confinado en el planeamiento del proyecto de la Chimenea Alimak. Durante la

elaboración de la Chimenea Alimak en la minería subterránea se pone en manifiesto una serie de condiciones y problemas de la mecánica de rocas que si no se tienen en consideración con anterioridad y no se estudia a fondo pueden alterar significativamente las características de la operación de la ejecución del proyecto. Para el Planeamiento de un proyecto de la Chimenea Alimak STH - 5E, es necesario, la cuantificación de las características Geomecánica del macizo rocoso, teniendo una justificación técnico - económica para una programación, segura y rentable; estando además su utilización orientada a: diseño de la chimenea Alimak, selección de accesorios para el equipo Alimak, selección de equipos de perforación, perforación y voladura, sostenimiento, conservación del medio ambiente, avance, desarrollo y los controles de economía y gestión. Entre los aspectos más relevantes del sistema de evaluación Geomecánica, relacionado a las características del comportamiento mecánico de la masa rocosa y sus componentes, son los ensayos in-situ, con la finalidad de determinar las propiedades físicas mecánicas de las rocas, minerales y el monitoreo de la masa rocosa en ejecución de un proyecto de chimenea Alimak.

1.2. Delimitación de la investigación

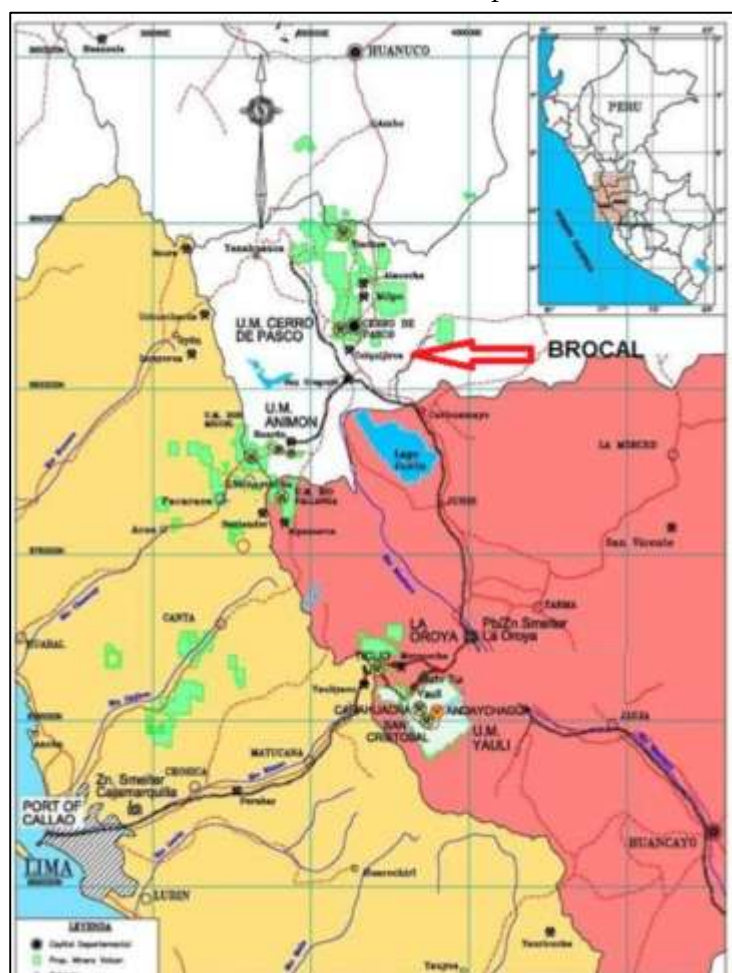
Ubicación

La Compañía Minera El Brocal se encuentra ubicada en el distrito minero de Colquijirca, entre los yacimientos de Colquijirca y San Gregorio. Políticamente se encuentra en el distrito de Tinyahuarco, Provincia de Cerro de Pasco, Departamento de Pasco, Región Pasco, entre las coordenadas (UTM): 8'809,200-N a 8'810,000-N y 361,100-E a 361,500-E, a una altitud de 4,180 a 4,500 msnm.

Accesibilidad.

Se accede por la carretera Lima – La Oroya – Colquijirca, con una distancia de 310 Km y Lima – Canta – Colquijirca que se cubre en seis horas aproximadamente.

Ilustración 1. Plano de Ubicación de la Compañía Minera El Brocal



Fuente: Departamento de Ingeniería

Geología Regional

En la clásica zonación morfoestructural de los Andes del Perú Central, la región de estudio forma parte de las Altiplanicies, situándose hacia la terminación septentrional de las mismas. Morfológicamente las Altiplanicies se distinguen por una topografía relativamente suave a una altura promedio de 4,000 m.s.n.m, en

comparación con la Cordillera Occidental y Oriental que la flanquean, entre las cotas 3,800 y 4,500 m.s.n.m.

Las rocas más antiguas en la región (mapa geológico, figura 3) corresponden al complejo del Marañón. Está constituida por micaesquistos y gneis de edad

Precámbrica (Dalmayrac, 1970). Luego en discordancia ocurren rocas del Paleozoico inferior donde resalta el Grupo Excelsior. En efecto este Grupo aflora principalmente en la región de Cerro de Pasco; litológicamente está conformado por filitas y pizarras de probable edad Ordovícica. Seguidamente se tiene a los Grupos Ambo y Tarma que afloran extensamente en los bordes de las altiplanicies y en la Cordillera Oriental. El Grupo Ambo este compuesto por sedimentos detríticos como areniscas y lutitas de edad Missisipiana (Newell, et al, 1949). El Grupo Tarma se caracteriza por calizas y lutitas negras de edad Pensilvaniana (Dumbar y Newell, 1946). El Grupo Mitu es muy importante en la región, aflora al Norte de Pasco y Este de Carhuamayo; está conformado por areniscas, conglomerados rojos continentales y rocas volcánicas, asumidas al Permiano superior - Triásico inferior (Megard, 1979).

Estas tres últimas series pre-andinas están restringidas a los núcleos de grandes braquianticlinales como Cerro de Pasco, Malpaso y Domo de Yauli. En discordancia aparece el Grupo Pucará. Aflora extensamente en las altiplanicies de los Andes del Perú Central. Está conformado por las Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. La Formación Chambará se extiende ampliamente en la región. Litológicamente está compuesto por calizas y dolomías marinas de edad Triásico superior – Liásico. El Cretácico está constituido por las Formaciones Gollarisquiza y Pariahuanca. Afloran en la parte Norte y Noroeste de Cerro de

Pasco. Litológicamente está conformado por areniscas blanquecinas y subordinados niveles de carbón.

Las cuencas terciarias se extienden ampliamente en la región de Cerro de Pasco - Colquijirca y hacia el Oeste de la laguna de Junín. Se le denomina Formación Pocobamba y Formación Calera (Mc. Laughlin, 1924) a una serie de conglomerados, sedimentos volcanoclásticos y lacustres del Paleógeno. En la Parte central y occidental de las altiplanicies, principalmente en la región afloran múltiples complejos volcánicos principalmente de composición dacítica, correspondientes al Mioceno, por ejemplo, Cerro de Pasco, Marcapunta, Yanamate, Quicay, etc.

Estructuralmente las altiplanicies han sido divididas en dos sectores limitados por el Alto Mantaro (Megard, 1979). El sector Suroeste, donde las estructuras son abiertas, sencillas y el sector Noreste, donde los pliegues son apretados y ocurren numerosas fallas longitudinales de dirección NO-SE y NNO-SSE. En las altiplanicies del Perú Central, la región de Cerro de Pasco - Colquijirca se ubica en este último sector. En este contexto la Falla Longitudinal Mayor de Cerro de Pasco es un notable ejemplo; donde se ha definido dos dominios estructurales, uno Occidental y otro Oriental (Angeles, 1993). En adición, las fallas longitudinales mayores han canalizado la ascensión del magmatismo andino en el Oligoceno y el Mioceno (Soler and Bonhomme, 1988).

Geología Económica

Los depósitos minerales del distrito de Colquijirca pertenecen a un miembro de la familia de los yacimientos relacionados a pórfidos de cobre (Cu) conocida como depósitos Cordilleranos. Este tipo de depósitos, los cuales se forman en general en las partes altas de un pórfido de Cu, se caracterizan fundamentalmente por un prominente zonamiento con partes internas dominadas

por Cu y zonas externas donde Zn, Pb y Ag son los principales elementos económicamente interesantes.

En el caso particular del distrito de Colquijirca, más precisamente entre los sectores de Marcapunta Norte y Colquijirca, dicho zonamiento consta a manera general de tres zonas, las cuales mineralógicamente consisten fundamentalmente de enargita en las partes internas, calcopirita en partes intermedias y esfalerita y galena en las partes externas.

El depósito de Colquijirca (parte sur del Tajo Norte) expone estas tres zonas. La parte más profunda del sector suroeste del Tajo Norte (antes Tajo Principal) muestra un núcleo de forma tubular esencialmente constituido por enargita además de cantidades variables de pirita y cuarzo. Este núcleo presenta una envolvente básicamente compuesta por calcopirita y cantidades variables de tenantita además de esfalerita y galena. A su vez esta envolvente está rodeada por una zona relativamente extensa, compuesta esencialmente por esfalerita y galena. Es esta última zona, la cual está desarrollada en su mayor extensión hacia el norte del distrito, la que constituye el grueso del depósito de Colquijirca (Tajo Norte) actualmente en explotación.

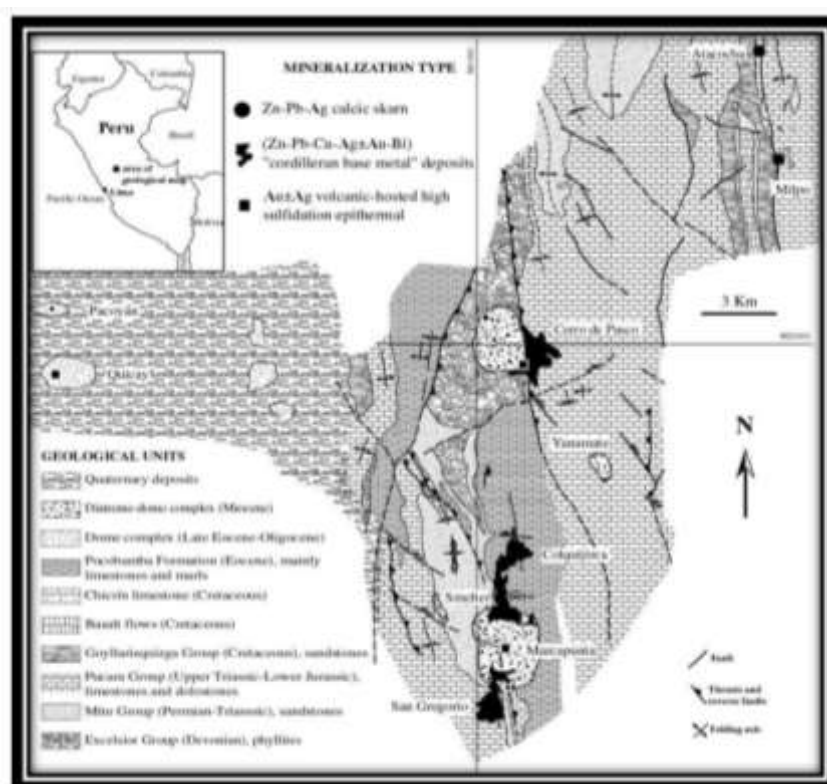
Hacia el sur del Tajo Norte el núcleo de enargita se prolonga por más de 2 km haciéndose más potente y ancho a medida que éste se aproxima hacia el complejo volcánico de Marcapunta. Del mismo modo la envolvente de este núcleo de enargita, y compuesto por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, se extiende también hacia el sur del Tajo Norte, aunque en mucho menor medida, hasta en unos 400 m a partir de la pared sur del mismo.

El sector denominado Marcapunta Norte, localizado inmediatamente al sur del Tajo Norte, constituye la extensión del depósito de Colquijirca. Este sector está compuesto por las dos zonas internas, esto es, por aquella conformada por enargita y por aquella de carácter polimetálico, es decir, de calcopirita, tenantita, esfalerita y galena. A diferencia de sectores ubicados más al sur, el sector de

Marcapunta Norte se caracteriza por haber experimentado un proceso de enriquecimiento supérgeno. Este proceso ha generado cuerpos de calcosita, los cuales se han superpuesto a la zona de enargita y en menor grado a aquella polimetálica compuesta por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, conformando un sector de relativa complejidad mineralógica en términos sobre todo de intercrecimientos.

La estructura mineralizada del Manto Superior Central está alojada en rocas carbonatadas del Miembro Medio de la Formación Calera y configura una geometría estratiforme subhorizontal de rumbo Norte 160º y buzamiento de 60º Norte. La estructura tiene una longitud aproximada de 520 m por un ancho de 270 m y una potencia promedio de 21 m. La ocurrencia de estructuras secantes a la estratificación como cuerpos de brechas y vetas es menos común

Ilustración 2. Mapa Geológico de la mina Marcapunta.



Geología Local

El Distrito Minero de Colquijirca está conformada por las filitas Excelsior, areniscas y conglomerados rojos del Grupo Mitu seguidas por calizas marinas del Grupo Pucará y finalmente por conglomerados, facies continentales de brechas y carbonatos de la Formación Calera de edad Eoceno superior. Estas unidades son intruídas por el complejo volcanico de Marcapunta del Miocen medio. La Falla Longitudinal Mayor de dirección N-S y evolución polifásica, es la estructura más importante en la región, ya que ha controlado la sedimentación desde el Triásico, el emplazamiento de las diatremas de Marcapunta y Cerro de Pasco y sus yacimientos minerales asociados.

Para este acápite tomaremos como referencia los trabajos de Angeles. (1993, 1999).

Sedimentos pre Cenozoicos

Grupo Excelsior

Series de Excelsior” fue como Mc Lauhglin (1924), denomino a la unidad que constituye el basamento rocoso de la región. Aflora alrededores de la ciudad de Cerro de Pasco y hacia el Noroeste de Colquijirca. Está constituido por filitas y pizarras de color gris a gris verdoso y subordinadamente niveles delgados de cuarcitas, algunos con laminación oblicua. Presenta un metamorfismo de bajo grado con sericita-clorita y vetillas de cuarzo a manera de segregación magmática. Su espesor es superior a los 300 m.

Un paquete afín a éste, reposa en discordancia angular sobre sericitoesquistos precámbricos en Huachar, 6 Km al Suroeste de Ambo, en el Valle de Chaupihuaranga. (Dalmayrac, 1978), contiene graptolites del Ordovícico, conocidos ya desde Steinmann (1929).

Grupo Mitu

Descansa en discordancia angular sobre el Grupo Excelsior. Se trata de areniscas, limos y conglomerados de color rojo. En el área de Colquijirca se distinguen dos unidades.

La unidad inferior, esencialmente conglomerádica, de color gris oscuro a gris brunáceo, con clastos redondeados a subangulares de cuarcita y cuarzo blanco, de hasta 20 cm de diámetro, con pobre selección; se puede observar algunos canales, probablemente de origen fluvial; hacia el tope se intercalan con sedimentos finos. Su potencia se estima en 400 m. La unidad superior, se trata de areniscas rojas con lentes de conglomerados subordinados de origen fluvial; su paso desde la unidad infrayacente no es claramente expuesta. Su espesor estimado es de 200 m.

No se conoce con precisión la edad del Grupo Mitu. Cerca de Colquijirca y Carhuamayo, Boit (1962) encontró rodados de calizas con fósiles del Carbonífero y Pérmico Inferior. Esta unidad se habría depositado entre el Pérmico Superior y el Triásico Inferior (Megard, 1979).

En la zona de Bohórquez se expone como el núcleo del anticlinal del mismo nombre. En Marcapunta, constituye el substrato sobre el cual se emplazan en discordancia erosional los depósitos terciarios de la Formación Calera en un contexto de pliegues y altos estructurales.

Grupo Pucará

El Grupo Pucará aflora ampliamente en la parte occidental y en la parte oriental. El análisis de facies muestra cambios importantes entre estas dos zonas y separados por la Falla Longitudinal Mayor, denominados Pucará Occidental y Pucará Oriental, al Oeste y Este de la falla respectivamente. El Pucará Occidental, en leve discordancia angular sobre el Grupo Mitu, comienza por una brecha basal

de color gris verdoso con clastos de filita y cuarzo que suprayacen a las areniscas del Grupo Mitu; es seguido por dolomías con fina laminación, presentan concreciones de sílex o chert y niveles de cineritas, con figuras sedimentarias, fósiles y pseudomorfos de evaporitas.

Las facies sugieren un ambiente muy somero, de baja energía en la parte interna de una plataforma carbonatada (Angeles, 1993). Su espesor medido es de 360 m aproximadamente. En el límite Sur del área de estudio, en la zona de Bohórquez, afloran sutilmente delgados niveles de brecha basal y dolomías atribuidas al Pucará Occidental, descansando sobre areniscas del Grupo Mitu. El Grupo Pucará Occidental es huésped de la mineralización en el yacimiento epitermal polimetálico de San Gregorio.

El Pucará Oriental o Formación Chambará, no tiene una base aflorante; se compone de más de 1,500 m de calizas con sílex e incluye masas estratiformes recrystalizadas posteriormente; son depósitos de plataforma carbonatada externa.

En el Pucará Occidental, Boit (1940, in Boit, 1949) encontró *Entomonotis ochotica* (Ahora llamada *Monotis subcircularis* (Villavicencio y Chalcaltana, 1991)) en los afloramientos totalmente silicificados de San Gregorio. El mismo autor (Boit, 1966) reporta *Myophorias* en la falda Oeste del cerro Puca Ingenio.

Estos bivalvos indican una edad Noriano a Rhetiano (Triásico Superior). En el Pucará Oriental la misma fauna ha sido reconocida, además del braquiópodo *Spondylospira*, y numerosos gasterópodos fueron recolectados en la vecindad de Cerro de Pasco (Steinman, 1929; Haas, 1953). Sin embargo, Johnson et al. (1955) reportaron además un *Arietites*, ammonoideo del Liásico, cerca al tope de las facies orientales de la región de Atacocha (NE de Cerro de Pasco). Podemos asumir una edad Triásico superior – Liásico inferior para el Grupo Pucará.

Existen diferencias en potencias y distribución de facies en la plataforma carbonatada del Pucará. El Pucará Occidental es un ambiente somero poco subsidente, mientras que el Pucará Oriental es mas profundo y mucho más subsidente. Las orientaciones de los sistemas de fallas pueden darnos idea de la dirección de extensión, de acuerdo al principio de Anderson (1951). Esta dirección de extensión parece ser NO-SE a NNO-SSE, es decir ligeramente oblicua a subparalela a la Falla Longitudinal Mayor. Esto sugiere un funcionamiento transcurrente, con probablemente una componente en extensión de la estructura mayor, durante la sedimentación (Angeles, 1993).

Podemos concluir que la Falla Longitudinal Mayor de movimiento transtensivo durante el Triásico ha controlado la sedimentación del Grupo Pucará en la región en estudio.

Sedimentos Cenozoicos

En la zona de estudio, es decir Colquijirca y alrededores no se ha encontrado unidades pertenecientes al Cretáceo. Suprayaciendo en discordancia erosional fal Grupo Pucará o Mitu, se tiene al Terciario representado por la Formación Pocobamba y la Formación Calera.

Formación Pocobamba

La Formación Pocobamba está dividido en dos Miembros: Cacuán y Shuco.

a. Miembro Cacuán

Aflora únicamente a lo largo de una franja N-S, desde el cerro la Chipana hasta el extremo Norte del cerro Puca Ingenio. Descansan en discordancia angular sobre el Pucará Occidental y localmente sobre el conglomerado Mitu. Forma secuencias granocrecientes de 10 a 25 m de limonitas rojas laminadas,

areniscas cuarzosas con laminación oblicua y niveles delgados de conglomerados con predominancia de clastos de caliza, con tosca estratificación de origen fluvial (Foto 5) con más de 100 m de espesor. La sedimentación testimonia un sistema predominantemente canalizado, fluvial torrencial y aluvial, probablemente en la porción distal de abanicos aluviales. Pocas medidas de paleocorrientes en areniscas con laminación oblicua dan sentidos hacia el Suroeste y hacia el Oeste.

El Miembro C bacuán situado entre el bloque de la falla San Juan Venenococha y la Falla Longitudinal Mayor está ausente hacia el Este. Posiblemente por onlap proximal contra el paleorelieve; o por erosión previa a contemporánea con el depósito del Miembro Shuco (Jenks, 1951).

b. Conglomerado Shuco

Afloran al Oeste y Sur de Cerro de Pasco y al Noroeste de Colquijirca. Esta unidad se compone de conglomerados y brechas sedimentarias con escasos lentes de limolitas y areniscas; la mayor parte de los clastos son de caliza y sílex de la Formación Chambará, con diámetros de 2 a 30 cm, en general se incrementan cuanto más próximos se encuentren a la Falla Longitudinal Mayor (Jenks, 1951). El depósito es muy heterométrico, con bloques que excepcionalmente pueden alcanzar los 6 m. (Sureste de laguna Quiulacocha). Es de origen aluvial y sintectónico, constituye un prisma con su espesor mayor de más de 150 m adosado a la Falla Longitudinal Mayor. Las facies Shuco no están restringidas exclusivamente al bloque Occidental de la Falla Longitudinal Mayor. Al Este de esta falla a la altura de la laguna Chaquicocha. Ver figura 4. Afloran brechas homométricas con clastos de la Formación Chambará de pocos centímetros de diámetro. Esta exposición

podría pertenecer a la transición de una torrentera hacia la parte superior de un abanico aluvial.

Su depósito es probablemente contemporáneo con el evento Eoceno de deformación en la Cordillera Occidental, al pie de un sistema de fallas que delimitaban altos estructurales.

Formación Calera

Afloran principalmente alrededores de Colquijirca y cercanías de la laguna Cuchis Grande. Se caracteriza por una predominancia de depósitos volcanoclásticos, conglomerados, brechas sedimentarias, margas, calizas, dolomías y chert con un mínimo espesor de 250 m; son de ambiente lacustre.

Peck y Rever en la Formación Calera encontraron carofitas, probablemente *Actochara mitella*, entonces atribuida al Cretácico superior – Cenozoico inferior, sin mayor precisión; una edad radiométrica de K/Ar sobre biotita en una toba ácida de la parte inferior dio entre 36 y 37 Ma. Subdivide esta Formación en tres miembros: Calera inferior, medio y superior. La Formación Calera constituye la roca huésped para la mineralización en Colquijirca y Marcapunta, tanto en el flanco Norte y parte del flanco Oeste.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible efectuar el Sosténimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal?

1.3.2. Problemas específicos

a) ¿La ejecución del sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal?

- b) ¿La aplicación del sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorara los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Ejecutar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para fortalecer la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.
- b) Aplicar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para mejorar los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.

1.5. Justificación de la investigación

La empresa proyecta implementar mejoras significativas en los procesos que involucran las operaciones de explotación por métodos subterráneos en la mina Coturcan; dentro de estos procesos la geomecánica y el tipo de sostenimiento juegan un rol muy importante en el sentido que provee al diseñador (planificador) información útil para los propósitos de "Diseño y Dimensionamiento de la Mina". En este contexto la empresa Minera a encargado, realizar el "Estudio Geomecánico de la Mina y evaluar la aplicación del Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda", cuyo desarrollo, resultados, conclusiones y recomendaciones se presentan en este trabajo de investigación.

1.6. Limitaciones de la investigación

La principal limitación en la mina y para la realización del trabajo de investigación fueron los parámetros de eficiencia en la construcción de chimeneas, donde el fin principal es garantizar la seguridad y la eficacia en sostenimiento de chimeneas ya que estas son de mucha utilidad para la ventilación y el manejo de los servicios Auxiliares para las labores en desarrollo y explotación de la Mina El Brocal.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedentes nacionales

(Torres L., 2015), de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, desarrolla su tesis “Diseño y Aplicación de Shotcrete para optimizar el Sostenimiento en la Unidad Economica San Cristobal - Minera Bateas”, demuestra que la continuidad de la Unidad Económica San Cristóbal – Mina Bateas S.A.C. depende del avance de las labores de exploración, preparación y desarrollo para la explotación de los cuerpos mineralizados presentes en la Unidad Minera, por lo que es de suma importancia mejorar el sostenimiento. Otra consideración que se debe tomar en cuenta es la necesidad de la aplicación de shotcrete como sostenimiento definitivo en las labores debido a la calidad de la roca, por lo que la Minera Bateas, busca optimizar los métodos de sostenimiento que se utilizan en la mina. Para la optimización de la aplicación de shotcrete vía

húmeda, se tomaron en cuenta las características geométricas, geomecánicas, sostenimiento, lo que dio como resultados el diseño que se aplicó en mina.

(Camarena F. , 2018), de la Universidad Nacional del Centro del Perú, presenta su tesis “Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. En La Mina San Cristóbal - Cía. Minera Volcán S.A.A.”; Demuestra que La minería es sin duda una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza. Las estadísticas indican que la causa más frecuente de los accidentes en interior mina es por caída de roca. Es por ello que para prevenir las pérdidas de todo tipo de recurso y permitir que el ciclo de minado continúe con su rendimiento ideal se aplica el tipo de sostenimiento apropiado para cada tipo de terreno según la evaluación que determina el área de geomecánica y asegurar así el rendimiento adecuado de la masa rocosa involucrada en las operaciones. Hoy en día la geomecánica juega un papel muy importante en la industria minera, en lo que es la estabilidad de la masa rocosa, esto por las aberturas que existen en las minas como consecuencia de las operaciones mineras. El sostenimiento subterráneo mecanizado es un proceso muy importante que permite entre otras cosas: Establecer dimensiones adecuadas de las labores mineras, establecer la dirección general de avance del minado a través del cuerpo mineralizado, establecer el tipo de sostenimiento adecuado para cada frente de trabajo y así mejorar el rendimiento de todo el ciclo. El desarrollo del trabajo se basa principalmente en minimizar el excesivo costo de operación que se origina en el sostenimiento subterráneo con shotcrete por vía húmeda, ya que el reflejo de este problema se da por los altos porcentajes del efecto rebote que se obtiene en cada proceso de lanzado de frente con el equipo Alpha 20 y por ende afecta en el precio por metro

cúbico de shotcrete. Por ello se planteó crear un sistema de control de calidad lo cual consiste en asegurar que los procesos, técnicas, productos y servicios sean confiables y nos ayuden a optimizar el rendimiento de todo el sistema de sostenimiento con shotcrete. Se desarrolló charlas de sensibilización sobre las técnicas, procesos, métodos de lanzado y pruebas experimentales en campo (operaciones de lanzado) para saber con exactitud las variaciones y desviaciones del porcentaje del efecto rebote que se produce en el lanzado con los equipos Robot Alpha 20 los cuales son 6. Según el desarrollo de dicha prueba, presentaban una variación mayor de rebote los equipos que son operados aplicando una mala técnica de lanzado y los que trabajaban con unos parámetros de presiones y caudal de aire inferiores a otros, por lo que el ciclo de sostenimiento se demora y varía ligeramente. Otro problema fundamental que se presenta en el trabajo es no saber con exactitud el rendimiento de la producción en cada lanzado de Shotcrete para cada tipo de zona que se presenta en la unidad operativa San Cristóbal, lo cual, basándome en la utilización de este tipo de sostenimiento con la proyección robotizada de soporte de rocas por vía húmeda, es posible lograr (con un operario) una producción promedio de 60 - 100 m³ con rebote inferior al 10 %, en un turno de trabajo de 12 horas. Es por ello también que se desarrolla cuadros comparativos en función del rendimiento de cada operador en cuanto a la producción de: transporte de concreto, lanzado de Shotcrete e instalación de calibradores, reflejados durante los meses de enero a setiembre del año 2015, basándome en el uso y la aplicación correcta de las técnicas de proyección de Shotcrete, optimizando así la bombeabilidad con el equipo robotizado, consiguiendo una adherencia mejor del concreto con la roca en cada zona de trabajo. Los procesos de investigación realizados en campo ampliaron la

simulación de lanzado de Shotcrete en tres frentes de explotación de la mina San Cristóbal como: Zona Alta, Zona Baja y Zona Lidia, donde están distribuidos los distintos equipos lanzadores Alpha 20 y sus respectivos Mixer por zonas y niveles de trabajo, en la cual se va interpretar y evaluar los resultados obtenidos, basados en el rendimiento de la producción total que se obtuvo en (m³) por cada lanzado de frente, aplicando así la simulación propuesta con un diseño ideal en la dosificación de Shotcrete..

a) Antecedentes internacionales

(Gonzales L., 2009), de la Universidad Javeriana Bogota, Colombia, presenta tesis de investigación “Diseño del Sistema de sostenimiento mecanizado para la Empresa Wilcos Minera S.A”. La investigación está basada en el diseño de un sistema de sostenimiento mecanizado en la empresa WILCOS Minera S.A., utilizando procedimientos estandarizados, con el fin de minimizar los riesgos a los que se exponen día a día los trabajadores, contribuir con el bienestar de ellos y aumentar la productividad en la empresa. Lo primero que se realizó fue un mapa de procesos con el fin de saber el direccionamiento estratégico de la empresa, y alinear el trabajo con los objetivos de la misma. Posteriormente se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa frente a los requisitos exigidos por las normas de seguridad, y otro diagnóstico para saber el cumplimiento de las normas legales Colombianas Vigentes. Se establecieron los planes de acción correctivos y preventivos para ajustar la situación de la empresa frente a los requisitos exigidos por la normatividad colombiana vigente, se realizó el panorama de riesgos, el análisis de vulnerabilidad, se diseñó un plan de implementación del del sistema para que la empresa lo utilice. Finalmente se

realizó el análisis financiero con el fin de establecer si la implementación del sistema es viable para la empresa.

(Salgado R., 2014), Universidad Austral, Valdivia- Chile, desarrolla la tesis “Sistema de Sostenimiento para la Construcción de Obras Civiles, Aplicado a la Construcción de túneles”. Esta tesis muestra un modelo de Sistema Sostenimiento para la Construcción de Obras Civiles, aplicado a la construcción de túneles, se presenta un Manual el cual hace referencia a todos los Procedimientos Documentados establecidos para el Sistema Sostenimiento y una descripción de la interacción entre los procesos. Se mencionan: los puntos normativos, Sistema de sostenimiento. Se ilustra el Plan Integrado orientado a la construcción de túneles, en él se identifican los procesos del sistema, los recursos y controles aplicados a las diferentes partidas de la obra, emanados de este Plan se desglosan los procedimientos constructivos.

2.2. Bases teóricas - científicas

Shotcrete vía Húmeda

¿Qué significa shotcrete?

El shotcrete (mortero, o «gunita») comenzó a utilizarse hace casi 90 años. Los primeros trabajos con shotcrete fueron realizados en los Estados Unidos por la compañía Cement-Gun (Allentown, Pensilvania) en 1907. Un empleado de la empresa, Carl Ethan Akeley, necesitaba una máquina que le permitiera proyectar material sobre mallas para construir modelos de dinosaurios, e inventó el primer dispositivo creado para proyectar materiales secos para construcciones nuevas.

Hoy en día todavía se utiliza el nombre «gunita». En ciertas clasificaciones equivale al mortero proyectado, pero los límites de tamaño de grano varían (según el país, la definición del límite para el agregado máximo es de 4, 5, o incluso hasta 8 mm).

Para evitar esta confusión entre mortero proyectado y shotcrete, en este libro utilizaremos la expresión «shotcrete» (o gunita) para referirnos a la mezcla proyectada de cemento y agregados.

Actualmente existen dos métodos de aplicación para el shotcrete: el proceso de vía seca y el de vía húmeda. Las primeras aplicaciones del shotcrete se hicieron mediante la vía seca; en este método se coloca la mezcla de cemento y arena en una máquina, y la misma se transporta por mangueras mediante la utilización de aire comprimido; el agua necesaria para la hidratación es aplicada en la boquilla.

El uso del método por vía húmeda comenzó después de la Segunda Guerra Mundial. A semejanza del concreto ordinario, se preparan las mezclas con toda el agua necesaria para hidratarlas, y se bombean en equipos especiales a través de las mangueras. La proyección del material se efectúa mediante la aplicación de aire comprimido a la boquilla. Si bien algunas personas afirman que el shotcrete es un concreto especial, lo cierto es que no es sino otra manera más de colocar el concreto. Al igual como ocurre con los métodos tradicionales de colocación, el shotcrete requiere ciertas características particulares del concreto durante la colocación, y al mismo tiempo requiere satisfacer todas las demandas tecnológicas normales del concreto – relación agua/cementante, cantidad de cemento, consistencia correcta y postratamiento. En el mundo entero abundan trabajos de shotcrete mala calidad debido a que la gente se olvida de que el

shotcrete es sino otra manera de colocarlo, y de que es fundamental cumplir con todos los requisitos tecnológicos del concreto. Los equipos para la ejecución de ambos métodos (vía húmeda y vía seca) han mejorado de manera significativa. En un capítulo aparte se describirán los últimos avances de la tecnología.

Método por vía húmeda

Tal como se mencionó anteriormente, este método es el único utilizado en Escandinavia, Italia y en un gran número de importantes proyectos subterráneos en todo el mundo. El uso del shotcrete para aplicaciones de soporte de rocas ha aumentado en forma exponencial en los últimos 15 a 20 años, lo cual ha impulsado un intenso desarrollo del mismo.

Entre 1971 y 1980 se produjo un desarrollo impresionante del método por vía húmeda en Escandinavia, con consiguiente transformación total de su mercado de shotcrete: se pasó de 100 % de vía seca 100 % de vía húmeda, y la aplicación pasó de manual a robótica. Este cambio radical ocurrió sólo en Noruega. Desde aproximadamente 1976 – 1978 se han venido agregando cada vez más el humo de sílice y la fibra metálica al shotcrete fabricado por vía húmeda. Sin duda alguna los noruegos llevan la delantera en la tecnología del shotcrete fabricado por vía húmeda, tanto en teoría como en práctica.

La mala fama de la técnica de proyección por vía húmeda se debe a los deficientes equipos utilizados y al poco conocimiento del método, factores que han acarreado la producción de un concreto de muy baja calidad. Para que la mezcla pudiera pasar por el equipo, se utilizaban contenidos muy altos de agua, con una relación de agua/cementante hasta de 1,0.

Gracias a la tecnología de la industria del concreto actual, hoy en día es totalmente factible producir shotcrete por vía húmeda que tenga una resistencia a

la compresión a los 28 días superior a 60 MPa. Actualmente la tecnología se utiliza también en la construcción de nuevas edificaciones (en vez del método de colocación original) y en la reparación de plataformas petroleras en el Mar del Norte. Esto es una prueba fehaciente de la alta calidad del método, dados los estrictos requisitos que deben cumplir los métodos y los materiales utilizados en la construcción submarina.

Revolución del Shotcrete

La solución de shotcrete se basa en sostener las paredes del macizo rocoso de la chimenea para dar mayor durabilidad y tener una vida útil de al menos 50 años.

Tumi, una empresa peruana con alcance global que atiende a la industria de la perforación de chimeneas con enfoque en los sectores de minería, hidroeléctrica e ingeniería civil, ha presentado su solución de shotcrete para mejorar la durabilidad y la vida útil de las chimeneas en unidades mineras subterráneas.

La solución de shotcrete se basa en sostener las paredes del macizo rocoso de la chimenea para dar mayor durabilidad y tener una vida útil de al menos 50 años, aunque lo ideal es que se extienda el mayor tiempo posible.

Las técnicas que se utilizan para la aplicación del shotcrete incluyen un cabezal robotizado incorporado con un sistema de cámaras y escáner que visualiza la identificación y fallas del macizo rocoso. Con la ayuda del escáner y el software, se puede tener un sólido para la revisión de toda la chimenea y ahí, poder determinar los tipos de espesores de shotcrete.

El concreto lanzado (shotcrete) se emplea en todas las unidades mineras subterráneas donde se encuentre baja resistencia y calidad del macizo rocoso, evaluado por el departamento de geomecánica.

2.3. Definición de términos básicos

- **Apertura:** Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores ya mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.
- **Árido:** La grava es un árido formado por pequeños fragmentos de roca.
- **Bomba TK20:** Es un sistema de bombeo de alta presión sólido para el transporte de hormigón pre mezclado vía húmeda.
- **Buzamiento (DIP):** Es el Angulo de la veta, estrato o manto que forma con respecto a la horizontal y se mide en un plano vertical.
- **Caballo:** Es la zona estéril de considerable tamaño que se presenta dentro de la veta generalmente del mismo material de las rocas encajonantes.
- **Caja Piso:** Es la roca que se encuentra debajo de la veta.
- **Caja Techo:** Es la roca sobre el lado superior de una veta inclinada.
- **Contactos litológicos:** Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.
- **Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral:** Parte o fracción de la corteza terrestre donde por procesos geológicos se formaron o forman sustancias minerales útiles, que pueden ser explotadas con beneficio económico, con los medios técnicos disponibles.
- **Cuerpo (ORE BODY):** Son depósitos de minerales, grandes e irregulares sin forma, ni tamaño definido.

- **Depósitos primarios y secundarios.** Los primeros son los que están asociados al proceso de formación original de las rocas. Los segundos se forman por alteración de los primeros y en general suelen dar lugar a la formación de nuevos minerales.
- **Desmante:** Es todo material estéril que no posee valor económico.
- **Diaclasas:** También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamiento y las que comúnmente se presentan en la masa rocosa.
- **Diseminaciones.** Son yacimientos mineralizados donde los granos de mineral están dispersos dentro de la masa rocosa.
- **Espaciado:** Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.
- **Estratificación:** Es una superficie característica de rocas sedimentarias que separa capas de igual o diferente litología. Estas rocas también pueden estar presentes en rocas que hayan originado por metamorfismo de rocas sedimentarias.
- **Explotación.** Es un proceso de minado para extraer el mineral económico utilizando los diversos métodos de explotación para posteriormente ser beneficiado en la planta concentradora.
- **Fallas:** Son fracturas que han tenido desplazamiento. Estas son fracturas menores que representan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden atravesar toda la mina.
- **Fibra Polimérica:** Es un polímero de material resistente que es usado en sostenimiento con shotcrete.

- **Ganga.** Zona no valiosa del mineral que está asociada a la parte con buena ley. Este concepto es relativo puesto que varía de acuerdo con el tiempo, las cotizaciones y la ley del mineral.
- **Granulometría:** Es la distribución por tamaños de las partículas de un árido.
- **Hilos.** Vetillas de mineral muy delgadas que se cruzan entre sí.
- **Investigaciones Geotécnicas.** - Es un programa de investigaciones geotécnicas por medio de perforaciones diamantinas, a fin de obtener parámetros y características hidrogeológicas de los materiales presentes en la zona de estudio.
- **Lentes.** Es el yacimiento de forma lenticular cuya potencia disminuye hacia su contorno. El largo de los lentes es de decenas de metros.
- **Mantos.** Cuerpo mineralizado en forma tabular, generalmente se encuentran en posición horizontal o ligeramente inclinado menor de 30°, relativamente de considerable potencia.
- **Masa Rocosa:** Es el medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.
- **Matriz rocosa.** - Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intacta entre discontinuidades (muestra de mano o mayor). A pesar de considerarse continua es heterogénea y anisótropa, ligada a la fábrica, textura y estructura, mineral.
- **Mena.** Parte más valiosa del mineral a partir del cual se puede obtener económicamente uno o más metales.
- **Mineral.** Materia inorgánica de origen natural que compone la corteza terrestre, posee un valor económico y constituido por 2 elementos: La mena y la ganga. También es una materia inorgánica.

- **Minería.** Parte de la industria que se ocupa de la búsqueda, extracción, beneficio y venta de los minerales y rocas de rendimiento económico.
- **Orientación:** Es la posición de la discontinuidad en el espacio y es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.
- **Perfil geotectónico:** Es el conjunto de actividades que comprende la investigación del subsuelo los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción en el subsuelo.
- **Perfil litológico:** Es la parte de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, como su tamaño de grano, características físicas y químicas, estructuras metamórficas, etc. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.
- **Perforación:** es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores.
- **Persistencia:** Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea esta, será menos estable.
- **Pliegues:** Son estructuras en las cuales los estratos se presentan curvados., son intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que se presentan generalmente empinadas o verticales.
- **Potencia.** Espesor o ancho de un yacimiento mineralizado que se mide perpendicular a las cajas.

- **Productividad.** - Es la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.
- **Relleno:** Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente.
- **Roca intacta:** Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.
- **Roca meteorizada:** Es la descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y la biósfera.
- **Rugosidad:** Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanta menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.
- **Rumbo (STRIKE):** Es la orientación de la veta, estrato o manto inclinado con relación al norte magnético y se mide en un plano horizontal.
- **Spraycrete:** Sistema automatizado para el sostenimiento de chimeneas con concreto lanzado (Shotcrete).
- **Veta o Filon:** Son pequeñas ranuras de la corteza terrestre rellena con mineral, generalmente inclinada mayor a 30° con desarrollo regular en longitud, ancho y profundidad
- **Yacimiento de Mineral.** Compuesto de uno o más minerales que contiene sustancias metálicas aprovechables cualquiera que sea su tamaño o la forma que presenta el conjunto.

- **Zonas de corte:** Son bandas de material que pueden ser de varios metros de espesor, en donde ha ocurrido fallamiento de la roca.
- **Zonificación geomecánica.** - Proceso de delimitación de zonas en donde la masa rocosa tiene condiciones geomecánicas similares y por lo tanto también comportamiento similar.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete se tendrá la Prevención de Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.
- b) El sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorara los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.

2.5. Identificación de las Variables

Variable Independiente

X: Sostenimiento de Chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.

Variable Dependiente

Y: Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalización de Variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Sostenimiento de Chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.	Resulta crítico seleccionar soportes apropiados y diseñar adecuadamente el sistema de sostenimiento de chimeneas para prevenir los derrumbes y los accidentes relacionados. Los problemas de la chimenea pueden variar desde un inconveniente menor hasta un gasto importante, o incluso un problema de salud grave. Una chimenea es generalmente una estructura vertical que se usa para conducir gases, al ambiente exterior o inyectar aire limpio para las labores.	Caracterización Geomecánica. Sostenimiento	Tipo de roca Tiempo de Auto Soporte Parametros Geotecnicos Zonificacion
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.	Método de investigación es científica, tipo aplicada, nivel de investigación descriptivo y aplicativo, diseño de la investigación es casual, el sostenimiento shotcrete con equipos Spraycrete. Concluimos nuestro estudio con el diseño de mezcla para el proyectado de shotcrete vía húmeda. Para el sostenimiento de chimeneas con shotcrete. Se consiguió normativizar las técnicas del lanzado de concreto que sostiene las construcciones de chimeneas, lo cual redujo considerablemente el riesgo de caída de roca en las operaciones.	Compañía Minera El Brocal	Spraycrete. Estabilidad Resistencia

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

- Basado en la aplicación de esta en el proceso de sostenimiento con el Sistema Spraycrete, se determina que tenemos una investigación del tipo Cuantitativo.
- Aplicada: En el proceso de aplicación del Sistema Spraycrete en la Mina El Brocal, teniendo como objetivo fundamental el sostenimiento de chimeneas.
- Experimental: Por el análisis realizado a los resultados del proceso de sostenimiento con el Sistema Spraycrete en las chimeneas.
- Documental: En base a los procesos de detalles para llegar a un buen resultado, ajustando detalles en la información para lograr un buen fin del proceso de sostenimiento de chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.
- De campo y de laboratorio: De los resultados obtenidos en la mina y los análisis realizados para la efectividad de la investigación.

3.2. Métodos de la investigación

El método que se siguió para la realización de la presente investigación fue como sigue:

Método deductivo: Análisis de los datos generales para llegar a una conclusión determinativa.

Método inductivo: Obtener la conclusión general a partir de los datos obtenidos y los antecedentes de la compañía Minera El Brocal, basados en el trabajo de campo.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional, como lo detalla el sostenimiento de chimeneas con un nuevo sistema para prevenir accidentes en estas labores tan importantes de la mina con un diseño adecuado y garantizado de acuerdo a la investigación efectuada con respecto al sostenimiento con el Sistema Spraycrete en la mina El Brocal.

3.4. Población y muestras

Población

En conjunto las chimeneas fueron un gran resultado cumpliendo como la población del trabajo realizado por que cada una presenta detalles a tomar en consideración para su respectivo análisis y aplicación del Sistema de sostenimiento adoptado para la prevención de accidentes.

Muestra

Cada chimenea en si representa una muestra de acuerdo al Tipo de Roca y las características de su construcción, determinante para la aplicación del Sistema Spraycrete.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Descripción de las técnicas empleadas

Para sustentar el presente trabajo utilizaremos la técnica:

- Recopilación y análisis de data

Se recolecta la información histórica del sostenimiento aplicado a las chimeneas para obtener detalles de soporte y control de los tiempos de soporte del sostenimiento aplicado.

- Observación directa y toma de datos

Se realiza observaciones directas de todo el proceso de sostenimiento en las chimeneas de la mina, corroborando con la evaluación geomecánica realizada del macizo rocoso.

- Búsqueda de información bibliográfica

Se analizo la información proporcionada por El Brocal, además de las referencias de otras mineras que están aplicando el Sistema Spraycrete.

Instrumentos de recolección de datos

Materiales

- Planos topográficos.
- Mapeos geomecánicos Efectuados.
- Informes geomecánicos.
- Reporte de procesos de sostenimientos realizados.
- Sostenimientos realizados con anterioridad (Documentación).
- Informe de Sostenimientos y detalles geomecánicos.
- Picota, brújula, flexómetro, mapeador.
- Equipos Topográficos

- Libreta de campo

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El proceso de datos se efectuó en la mina detallando el tipo de roca y la zonificación correspondiente en relación con las chimeneas de toda la Mina, de acuerdo a la información obtenida y las consideraciones determinadas con respecto a los resultados de la Evaluación geomecánica, para validar el sostenimiento en las chimeneas con el Sistema Spraycrete.

Es importante precisar que el Modelo Geomecánico, considerado para el análisis de la estabilidad varía según la zona de ubicación de la chimenea, en este contexto se empleó el modelamiento numérico solo en las zonas representativas.

3.7. Tratamiento estadístico de datos

Las unidades experimentales y que son objeto de comparación son los sostenimientos realizados con anterioridad en las chimeneas, que sirven como referencia en cada zona. Lo cual permite obtener datos estadísticos en el proceso efectuado para el sostenimiento de las chimeneas obteniendo modelo estadístico del proceso efectuado.

3.8. Orientación ética

El trabajo fue realizado teniendo en cuenta los valores y principios de la persona, manteniendo la ética profesional en cada ocasión permitida en la investigación. Ocasión para agradecer y reconocer las bondades de la Empresa Minera El Brocales, que nos fue brinda con cada detalle de aporte y apoyo para la conclusión del presente trabajo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del Trabajo de Campo.

Desarrollo del Proyecto

El proceso de sostenimiento con shotcrete con el sistema Spraycrete se utilizará las herramientas de calidad, con lo que se busca es obtener una respuesta de solución.

Costo de la asignación de recursos: El costo total del proyecto de sostenimiento con shotcrete asignados, incluyendo los costos directos y costos indirectos de los procesos relacionados.

Productividad: Es el resultado de rendimiento obtenido de la estabilidad del macizo rocoso de la chimenea, con equipo spraycrete a través del sostenimiento con shotcrete. por la cantidad de tiempo y recursos necesarios asignados para obtener los resultados de la estabilidad de la chimenea.

Equipos: Los equipos spraycrete asignados que se usan de manera efectiva para realizar el sostenimiento en chimenea con shotcrete de un proyecto

ejecutado con equipo Raise Boring son ejecutados acuerdo a los procedimientos y altos estándares.

Robot Lanzador de Concreto Spraycrete

El lanzador de concreto spraycrete de doble boquilla es un equipo de gran capacidad de lanzamiento, con sus dos boquillas con giro de 180° logra recubrir de manera homogénea a la chimenea de gran diámetro desde 2.5m hasta 12m, permitiéndole llegar a cubrir las zonas erosionadas sin ninguna complicación, logra sostener hasta 300m de longitud en sistema descendente y 100m ascendente.

Ilustración 3. Robot lanzador Spraycrete



Fuente: (Master Drilling 2023).

Características y beneficio.

El sostenimiento de chimeneas mediante el sistema de lanzamiento de doble boquilla spraycrete se da de manera circular y cada boquilla opuesta logra girar y proyectar el concreto a 180°, logrando una adherencia adecuada y homogénea a lo largo de la chimenea. Se ha comprobado que este sostenimiento incrementa

sustancialmente la vida útil de las chimeneas y eliminando los riesgos de exposición del personal al no ingresar a la chimenea.

Tabla 2. Dimensiones y características de Robot Lanzador

Dimensiones y Características	
Alto	Alto 1.40m aprox.
Ancho y largo (Sin estabilizadores) 1.5m	1.5m
Ancho y largo (Con estabilizadores)	2.5m a 12m
Peso	400 Kg
Tipo de rotación del sistema Hidráulico	Giro (cada boquilla) 180°
Consumo de aire	750 a 900cfm
Presión de trabajo	7 a 10bar
Sostenimiento Angulo de inclinación 90° a 85°	90° a 85°
Diámetro	2.5m a 12m
Longitud de sostenimiento descendente	300m max.
Longitud de sostenimiento ascendente	100m max.
Diámetro de manguera de concreto	2"
Máxima presión de Trabajo 1450 PSI	1450 PSI

Fuente: (Master Drilling 2023)

Bomba de Concreto TK 20

Tabla 3. Características de la Bomba de Concreto

Bomba putzmeister modelo pc 20 t (tk 20) con accionamiento eléctrico, esta bomba tiene como principal ventaja que se ha eliminado el pistoneo de cambio, permitiendo realizar las labores de bombeo manual de forma suave sin perjudicar al operador.	
CAPACIDAD	Hasta (0 - 17yd ³) 13 metros cúbicos por hora, dependiendo de la distancia y altura de bombeo, de la calidad de mezcla, condiciones de trabajo y diámetro de tubería usado.
Maximo tamaño de agregado:	(5 mm), tamiz N° 4
Presión sobre concreto :	144 bar (2083 PSI)

Cilindros para concreto:	4.5" de diámetro x 30" de carrera, revestidos con cromo duro.
Tubo de Salida :	Tipo S 4.5" – 4"
Tolva :	De 8 pies cúbicos de capacidad (227litros) y 48" (122 cm) altura de llenado, Concreto premezclado.
Motor :	Eléctrico 460 V 60 Hz TEFC de 50 hp. (37 kW).
Tanque hidráulico :	De 37 galones (140 litros) de capacidad con control termostático para Temperatura.
Montaje :	Sobre chasis tipo TRAILER (1 eje, 2 llantas).
Dimensiones:	3.70 m de largo total, 1.64 m de ancho y 1.60 de altura
Peso:	4800 libras (2177 Kg.).
Control de volumen:	Variable.
	Control remoto con cable de 100' de largo.
Opciones consideradas:	Bomba de agua para limpieza a alta presión Vibrador eléctrico para parrilla Bomba para aditivos DP 20 12 V

Fuente: (Master Drilling 2023).

Ilustración 4. Bomba de Concreto TK20



Fuente: (Putzmeister 2023).

Compresor Portatil Modelo XATS 900 E

Características Generales

El modelo XATS 900 E pertenece a una gama innovadora de compresores combinadola robustez tradicional del compresor portátil de diésel impulsado por

un motor eléctrico WEG22 PREMIUM. El principio de compresión garantiza un suministro fiable de aire, libre de pulsaciones.

El compresor está fabricado conforme las estrictas normas en Sistemas de Gestión Decalidad y Gestión Ambiental aplicado plenamente Atlas Copco en el diseño y fabricación de estas unidades para que cumpla los requisitos de la norma ISO 9001 e ISO 14001. La gama también ha sido probada / dado el certificado de prueba de acuerdo con la norma ISO1217.

Un modelo que se adapta a múltiples aplicaciones, desde aplicaciones de construcción para alimentar varias herramientas neumáticas, para perforación, cantera y minería operaciones, hasta proyectos de arenado, esta unidad asegura una alta fiabilidad y rendimiento.

Motor: El compresor está accionado por un motor eléctrico de la marca WEG22 PREMIUM, Alto desempeño con máxima eficiencia energética es el objetivo del nuevo motor eléctrico WEG. Alta eficiencia y bajo costo de propiedad durante toda la vida útil del motor ha sido la base para el desarrollo de la nueva plataforma W22. Un diseño creado para maximizar la eficiencia y ahorro de energía.

Elemento del compresor: El blindaje de compresor aloja dos rotores de tipo tornillo, montados sobre cojinetes de bola y rodillos. El motor macho, accionado por el motor hace funcionar el rotor hembra. El elemento entrega aire libre de pulsaciones. El aceite inyectado es utilizado para fines de sellado, refrigeración y lubricación.

Carrocería: La carrocería tiene aberturas para la entrada y salida de aire de ventilación y puertas abisagradas para operaciones de mantenimiento y reparación. La carrocería está parcialmente forrada de material insonizador.

Panel De Control: Fácil de operar con alarmas de calentamiento, control de la capacidad electro neumático, Conectores de potencia para una rápida instalación e interruptor principal con puertas individuales

Ilustración 5. Compresor portátil



Fuente: (Atlas Copco 2023).

Tabla 4. Datos técnicos de compresor portátil

Rendimiento				
Presión normal efectiva de trabajo	10.3	bar	150	psi
Presión máxima efectiva de trabajo	11	bar	160	psi
Presión mínima efectiva de trabajo	7	bar	101.5	psi
Aire libre suministrado conforme ISO 1217 Ed.3, 1996 anexo D	419	-l/s	879 - 906 cfm	
	427			
Nivel de presión sonora(LP) conforme ISO 2151 @ 7 m	73 dB(A)			

Fuente: (Atlas Copco 2023).

Tabla 5. Datos técnicos de compresor portátil

Motor	
Marca	WEG
Modelo	W22 Premium
Potencia	160 kW
Rotación nominal	1,165 Rpm
Eficiencia	IE3

Fuente: (Atlas Copco 2023).

Tabla 6. Datos técnicos de compresor portátil

Dimensiones y pesos			
Largo	4,623 mm	182.01	pulg.
Ancho	2,070 mm	81.5	pulg.
Altura	2,321 mm	91.38	pulg.
Peso con líquidos (listo para operar)	3,511 kg	7,741	Lb

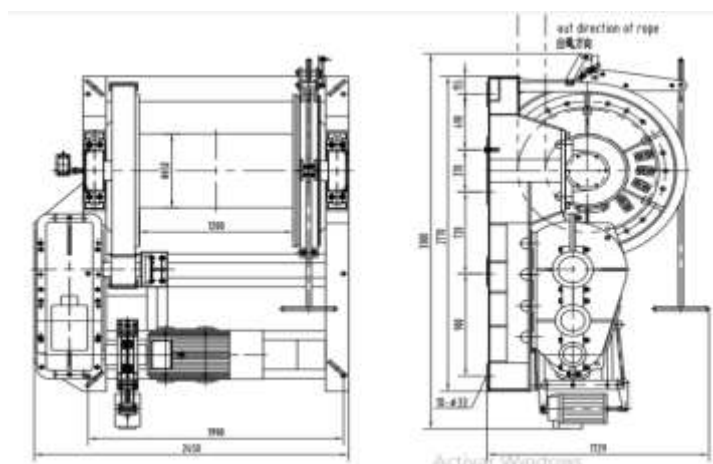
Fuente: (Atlas Copco 2023).

Winche Eléctrico de Izaje

El winche de 15tn es un equipo diseñado para el izaje de cargas con una envergadura de cable de hasta 500m es capaz de movilizar cargas a grandes distancias, con la capacidad de ser controlada desde una estación de control desde donde se puede variar la velocidad y el sentido de giro del tambor de acuerdo a las necesidades de la operación.

Características y beneficio. El winche de 15tn es un equipo fácil de transportar y de instalar ya que cuenta con conectores rápidos que facilita esto.

Ilustración 6. Winche Eléctrico



Fuente: (Master Drilling 2023).

Tabla 7. Datos técnicos de Winche Eléctrico

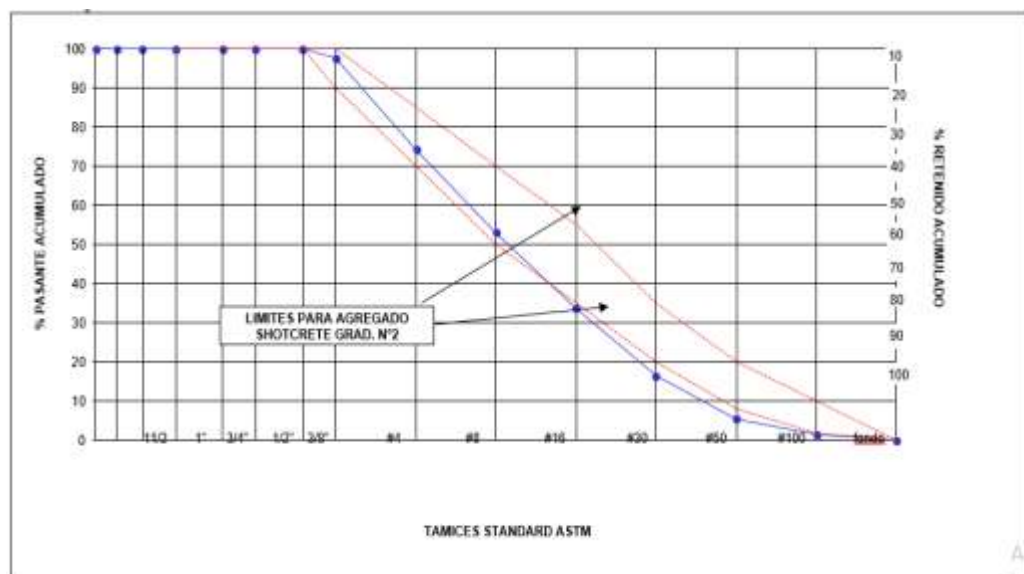
Dimensiones	Alto 1.72m Ancho 2.5m Largo 3.4m Peso 4.5tn. aprox.
Dimensiones del equipo.	Tipo JM15
Número de serie.	Motor 37Kw Voltaje 440v Capacidad 150 KN Diámetro del cable 36mm Longitud de cable 300m Variador de velocidad 0 a 12 m/min Ordenador de cable No Diámetro de cable acero 36mm
Aplicaciones en shotcrete.	Diámetro de chimenea de hasta 4.5m Longitud sostenida Centrifugo 300m Longitud sostenida D. Boquilla 250m

Fuente: (Master Drilling 2023).

Granulometría de Agregado

Ilustración 7. Granulometría de Agregado

MUESTRA	:	AGREGADO PARA SHOTCRETE			FECHA DE MUESTREO	:	8 de Junio de 2023	
CANTERA	:	CAMPOS			FECHA DE ENSAYO	:	8 de Junio de 2023	
PLANTA	:	JRC			REALIZADO POR	:		
TIPO DE M	:							
GRANULOMETRIA						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
MALLA	PESO RETENIDO en gramos	%	%	%	ACI 506 Gradacion 2	MODULO DE FINEZA		4.17
						TAMAÑO MÁXIMO		3/8"
						(A) peso de tara (g)		79.10
3"						(B) peso de muestra original húmeda (g)		335.40
2 1/2"						(C) peso de muestra seca (g)		301.40
2"		0.0	0.0	100.0		% HUMEDA (B-C)* 100C / (C-A)		11.28
1 1/2"		0.0	0.0	100.0				
1"		0.0	0.0	100.0		(D) peso de tara (g)		169.80
3/4"		0.0	0.0	100.0		(E) peso de muestra seca + Tara (g)		618.60
1/2"		0.0	0.0	100.0		(F) peso de muestra después de lavado + Tara		604.30
3/8"	25.00	2.3	2.3	97.7	90 - 100			
# 4	250.40	23.4	25.7	74.3	70 - 85			
# 8	226.40	21.1	46.9	53.1	50 - 70	% PASANTE DE Malla 200		2.31
# 16	207.30	19.4	66.2	33.8	35 - 55	(E-F) * 100 / (E-D)		
#30	184.20	17.2	83.4	16.6	20 - 35			
#50	120.00	11.2	94.6	5.4	8 - 20			
#100	39.60	3.7	98.3	1.7	2 - 10	OBSERVACIONES		
fondo	18.10	1.7	100.0	0.0		- Porcentaje de humedad % 11.3		
						- Malla % 2.31		
						se observa la falta de % mínimo de material fino		
						NO CUMPLE CON LA G2		
						Norma ACI 506 - ASTM C33		
TOTAL	1071.0	100.0	MODULO FINEZA	4.17				



Fuente: (Brocal 2023).

Tabla 8.

Diseño de Shotcrete

Tabla 9. Diseño de Shotcrete

Diseño de shotcrete			
		Humedad	11.4%
Cliente:	Master Drilling Perú S.A.C.	Absorción	2.8%
Proyecto:	Aplicación de shotcrete en chimenea de UM El Brocal		
f'c:	310.00 kg/cm2 a 28 días.		
Energía absorbida:	Mayor a 500 Joules		
Diseño de prueba N° 01 a probar en mina	a/c	0.44	

Descripción	Unidad	P.E. (Kg/m3)	Cantidad	Volumen (m3)
Cemento tipo I	Kg.	3,150.00	500.00	0.159
Arena gruesa de Vicco	Kg.	2,540.00	1,390.00	0.547
Aditivo hiperplastificante Macflu 110	Kg.	1,080.00	4.65	0.004
Aditivo acelerante HAA Macfree Plus	Kg.	1,430.00	34.30	0.024
Aditivo inhibidor de fragua SikaTard	Kg.	1,010.00	1.00	0.001
Fibras poliméricas Barchip R 50	Kg.	910.00	4.00	0.004
Agua	Lt.	1,000.00	220.00	0.220
Aire atrapado	%	1.00	0.04	0.040
			2,153.95	1.000

Fuente: (Master Drilling 2023)

Aditivo Hiperplastificante MACFLU 110

MACFLU 110 es un poderoso hiperplastificante para concretos y morteros, pertenece a una nueva generación de aditivos basados en la tecnología de polímeros (éteres policarboxílicos). Está especialmente formulado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad, como también un prolongado mantenimiento de la fluidez, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.

Se recomienda MACFLU 110 para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto lanzado – shotcrete.
- Concreto autocompactante.
- Concreto para climas cálidos y/o fríos.
- Concreto de alta resistencia, etc.
- Excelente comportamiento con cementos adicionados.

Ventajas y Beneficios

Con MACFLU 110 se obtienen las siguientes propiedades en el concreto al emplear como aditivo único:

- Como reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Alta Impermeabilidad.
- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- Mantiene la fluidez por mayor tiempo (a diferencia de los aditivos tradicionales) sin variar el fraguado.

- Fraguado del concreto, en menor tiempo que del aditivo estándar.
- Desencofrado de las estructuras en menor tiempo.
- Rheología controlada
- Reduce la carbonatación del concreto.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y la segregación.
- Produce concretos cohesivos y sin segregación ni sangrado.
- Incrementa la vida de servicio de las estructuras.

Recomendación

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico

Tabla 10. Datos Técnicos de Aditivo MACFLU 110

Estado Físico	Líquido
Color	Marrón oscuro
Densidad, 20°C	1.08 ± 0.02

Fuente: (Maccaferri 2023)

Norma

Cumple con la especificación ASTM C 494

Aplicación

Se recomienda dosificar al aditivo MACFLU 110 en un rango de:

- Para concretos plásticos: Del 0.8% al 1.2% del peso del contenido cementicio.
- Para concretos fluidos. Del 1.2% al 1.8% del peso del contenido cementicio.

- Para todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y la resistencia que se utilizarán en el proyecto.

No debe ser vertido en agregados y el concreto seco, ya que se obtendría una reducción de su performance debido a la absorción de parte del aditivo con los agregados.

Para más información, contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

Aditivo Acelerante HAA MACFREE PLUS

HAA MACFREE PLUS es un acelerante de fraguado, líquido, libre de álcalis, para ser utilizado en concreto lanzado, shotcrete, ambas vías, seca y húmeda.

La finalidad es conseguir cortos períodos de tiempo para el fraguado inicial, y una rápida adherencia a la superficie a cubrir y características mecánicas elevadas.

Es un aditivo líquido cuya dosificación puede variar para obtener los tiempos de fraguado y resistencias iniciales deseados.

Ventajas y Beneficios

Con HAA MACFREE PLUS, se logra el avance rápido de la obra y la formación de revestimientos de capas más gruesas de shotcrete, en una misma secuencia debido al fraguado rápido.

Permite el desarrollo de una resistencia inicial continua, a la vez de alcanzar una resistencia excelente en el largo plazo.

Menos pérdida de la resistencia final del shotcrete (normalmente con los acelerantes convencionales entre 20 y 50 %).

Reducción del riesgo de la reacción álcali-agregado, mediante la eliminación del contenido de álcalis provenientes de los acelerantes comunes. Baja formación de polvo y por lo tanto, crea un ambiente de trabajo saludable y mejora la visibilidad en el lanzado. No es agresivo, reduce el impacto ambiental y disminuye los costos de manejo.

Mejora la seguridad laboral evitando lesiones como quemaduras de la piel, pérdida de la vista y problemas respiratorios.

Tabla 11. Datos Técnicos de Aditivo *macfree plus*

Estado Físico	Líquido
Color	Beige
Densidad, 20°C	1.43 ± 0.02
pH	2.5 – 3.2
Contenido de Cloruros	< 0.1%

Fuente: (Maccaferri 2023)

Norma

Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos acelerantes de Fraguado Tipo C.

Aplicación

El rango de dosificación recomendado para el HAA MACFREE PLUS, depende de la temperatura del concreto, y temperatura del ambiente de trabajo, es otro factor importante que influye en la dosificación.

- Dependiendo el tiempo requerido de fraguado y resistencia temprana.
- El consumo del aditivo HAA MACFREE PLUS, normalmente fluctúa:
- entre 4 – 9% con respecto al peso del material cementicio dosificado.
- Una sobredosis del HAA MACFREE PLUS, de > 12 % pueden resultar en una disminución de resistencia final del shotcrete.

- Para todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y la resistencia inicial hasta las 24 horas del shotcrete que se utilizarán en el proyecto.
- Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados.
- En tales casos, contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

Modo de Empleo

- El acelerante líquido HAA MACFREE PLUS se dosifica en la boquilla.
- Para asegurar una dosificación constante y precisa, asegurando la calidad del concreto lanzado, recomendamos la utilización de las bombas de dosificación:
- Bombas peristálticas

Tipos de Cemento

El cemento Pórtland Tipo I

Se utilizará de acuerdo a las normas nacionales ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas) y a la Estadounidense ASTM -C150 o ASTM- C595 (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales).

El Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto y acero.

El Contratista en coordinación con la Supervisión extraerán muestras representativas de agua, las cuales se realizarán un análisis químico no debe tener valores superiores a los máximos admisibles de las sustancias existentes.

Aditivo Inhibidor de Fragua SIKA TARD

SikaTard®PE es un aditivo desarrollado para controlar la hidratación del cemento. De esta forma, las mezclas de concreto se pueden estabilizar durante largos periodos de tiempo sin perder su calidad.

Ilustración 8. Aditivo Sika Tard



Fuente: (Sika Tard 2023).

- Con la utilización del aditivo SikaTard® PE se consigue un concreto donde se controla la hidratación del cemento durante un periodo de tiempo que depende de la dosificación de aditivo utilizada. La mezcla de concreto fresco permanece estable durante el tiempo de retraso, mantenimiento constante su trabajabilidad y la calidad del mismo.
- El aditivo SikaTard® PE se utiliza principalmente para concretos proyectados por vía húmeda en trabajo de otras subterráneas, alargando su tiempo de trabajabilidad.
- Es ideal para concretos en tiempos calurosos.

- Para mantener el Slump y la no hidratación de la mezcla en trayectos o jornadas largas de colocación del concreto.

Tabla 12. Datos Técnicos de Aditivo Sika tard

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO	
Cilindro	200 L
IBC	1000 L
Líquido	marrón claro a oscuro
Vida Útil	12 meses
Temperatura	1 y 35°C

Fuente: (Sika Tard 2023).

Fibras Poliméricas BarChip R50:

Es una fibra sintética estructural de alto rendimiento para refuerzo del concreto, ecológica y optimizada para diversas aplicaciones.

Hecho con materiales reciclables, BarChip R50, ofrece un enorme ahorro de carbono para sus trabajos de hormigón sin la necesidad de sacrificar su rendimiento.

Ilustración 9. Fibra Polimérica BarChip



Fuente: (BarChip Inc. 2023)

Dosificación

- BarChip R50 tiene un rango típico de dosificación de 4 kg a 6 kg por metro cúbico. El rango de dosificación debe ser determinado en función de los requisitos de funcionamiento. Los rangos típicos de dosificación pueden reducir la medida del slump.
- Reducción en un 85% de los niveles de emisión de carbono en comparación con el acero.
- Más seguro y liviano de manejar que el acero.
- Reducción del desgaste en bombas y mangueras para hormigón.
- Reducción de tiempos de ciclo y de cierres por mantenimiento.
- La fibra BarChip está estabilizada a los rayos UV para resistir el deterioro solar.

Tabla 13. Características del producto.

Característica	BarChip R50	Estándar
Clase de Fibra II	Para uso estructural en hormigón, argamasa y lechada de cemento	EN 14889 - 2
Resistencia a la tensión	610 MPa	JIS L 1013/ISO 2062
Longitud	48 mm	
Anclaje	Relieve continuo	
Material de base	Polipropileno	
Resistencia alcalina	Excelente	
Certificado ISO 9001:2015		0044943

Fuente: (BarChip Inc. 2023).

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

Análisis de Resultados

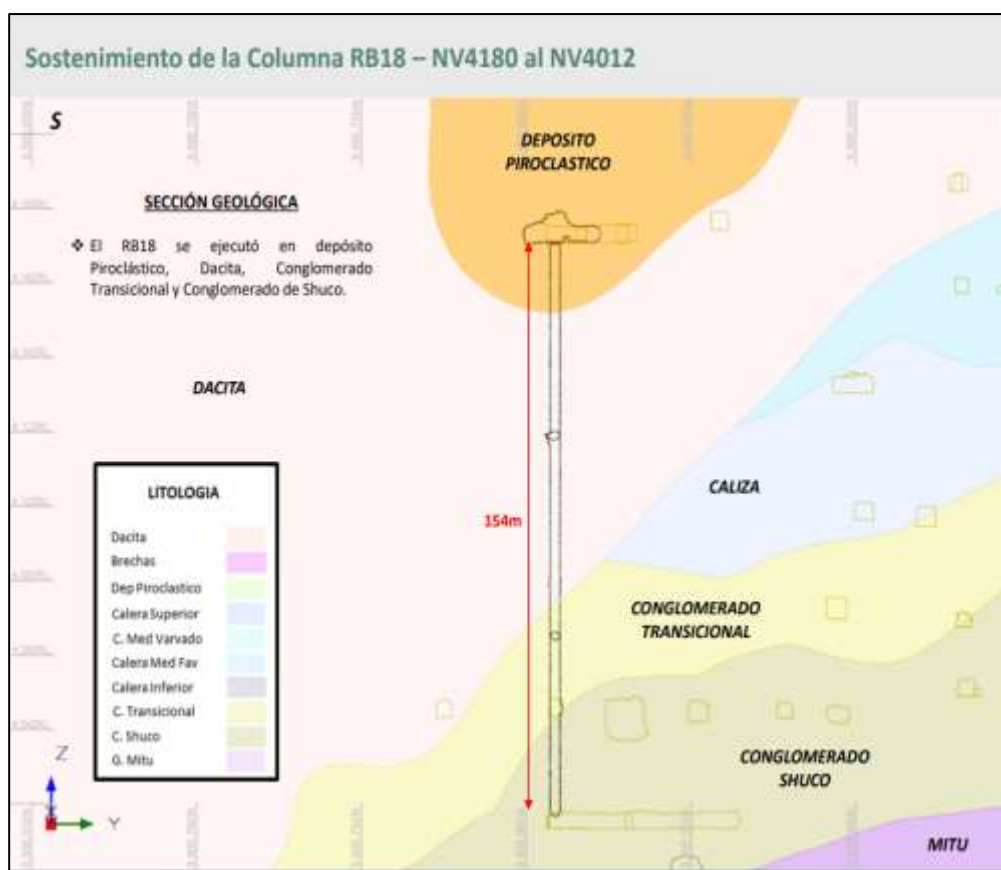
Con un buen diseño de mezcla de shotcrete y sostenimiento en chimeneas con el sistema spraycrete se logra prevenir accidentes de trabajo en la Mina El Brocal. Este ciclo de mejora continua funciona como un círculo sin fin definitivo

Figura 1. Plano Geomecánico Longitudinal de la Chimenea



52

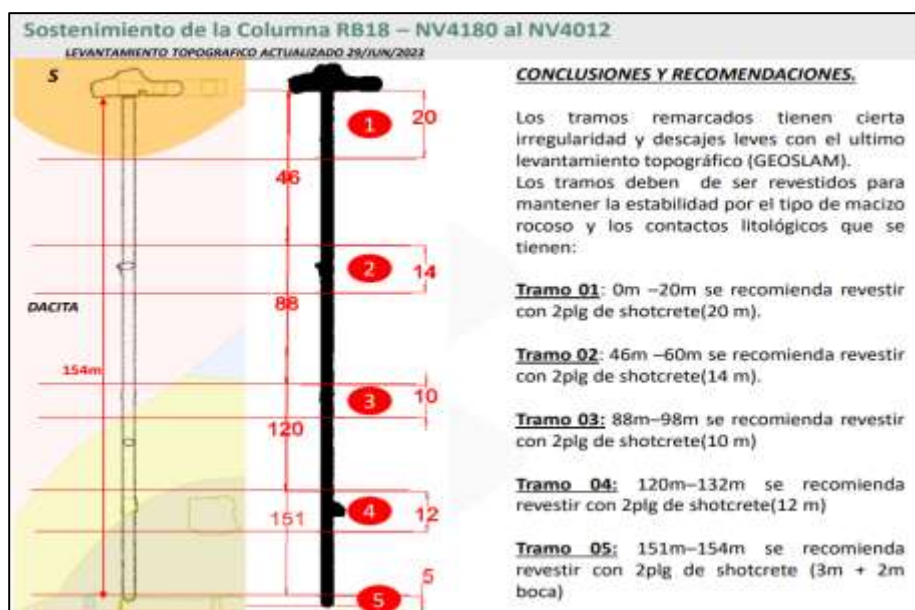
Ilustración 10. Plano Geológico de la chimenea



Fuente: (Brocal, 2023)

De acuerdo a los análisis de las muestras que se realizó presenta depósito de piroclastico, Dacita conglomerado transicional y conglomerado de Shuco

Ilustración 11. Conclusiones y recomendaciones por área geomecánica



Fuente: (Brocal 2023).

**Recomendaciones por el área geomecánica los tramos remarcados
para el sostenimiento del macizo rocoso de la chimenea**

Tramo 01: 0m – 20m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete (20m)
roca tipo IIIA

Tramo 02: 46m – 60m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete
(14m) roca tipo IIIA

Tramo 03: 88m – 98m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete
(10m) roca tipo IIIB

Tramo 04: 120m – 132m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete
(12m) roca tipo IIIB conglomerado Shuco

Tramo 05: 151m – 154m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete
(3m + 2m boca) roca tipo IIIB conglomerado Shuco

Diseño de Mezcla de Shotcrete para el Sostenimiento de Chimeneas con
el Sistema Spraycrete

Tabla 14. Diseño de Mezcla de Shotcrete

Diseño de shotcrete					
				Humedad	13.0%
Cliente:	Master Drilling Perú S.A.C.			Absorción	2.8%
Proyecto:	Aplicación de shotcrete en chimenea de UM El Brocal				
f'c:	310.00				
Energía absorbida:	Mayor a 500				
Diseño de prueba N° 01 a probar en mina		m3			
		1.0	2.0	3.0	4.0
Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Cemento tipo I	Kg.	500.00	1,000.00	1,500.00	2,000.00
Arena gruesa de Vicco	Kg.	1,570.70	3,141.40	4,712.10	6,282.80
Aditivo hiperplastificante Macflu 110	Kg.	4.65	9.30	13.95	18.60
Aditivo acelerante HAA Macfree Plus	Kg.	34.30	68.60	102.90	137.20
Aditivo inhibidor de fragua SikaTard	Kg.	1.00	2.00	3.00	4.00
Fibras poliméricas Barchip R 50	Kg.	4.00	8.00	12.00	16.00
Agua	Lt.	78.22	156.44	234.66	312.88
Aire atrapado	%	0.04	0.04	0.04	0.04

Fuente: (Yapo Choquehuanca 2023)

Para un buen control de equipos tener en cuenta la operabilidad del equipo registrando en los formatos de checklist diario.

Ilustración 13. Inspección de winche Eléctrico



Fuente: (Propia)

Se realiza la inspección del equipo winche eléctrico mediante el formato checklist diario

Ilustración 14. Inspección de Bomba de Concreto



Fuente: (Propia).

Inspección de la bomba de concreto TK20 mediante el formato chec klis diario para tener un buen funcionamiento del equipo.

4.3. Prueba de hipótesis

Las Hipótesis formuladas ostentan la posibilidad de rechazar lo planteado en H_0 , siendo esta verdadera; en ningún caso prueba que la hipótesis alternativa, de que, si hay efecto o diferencia, sea verdadera.

La Variable Independiente y la Variable dependiente, las cuales fueron obtenidas y con lo cual se acepta o rechaza la hipótesis planteada en una determinada investigacion como lo es la hipótesis: Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

- **H0:** Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete en la Compañía Minera El Brocal.
- **H1:** Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

4.4. Discusión de resultados

Resultados del proceso desarrollado

De acuerdo al desarrollo del diseño de mezcla del shotcrete para el sostenimiento de chimeneas con el sistema Spraycrete en la Mina El Brocal. Se logra mejorar el proceso de sostenimiento en las chimeneas.

Tabla 15. Diseño Mejorado de Shotcrete

Diseño de shotcrete 02	DISEÑO MEJORADO				
				Humedad	10.0%
Cliente:	Master Drilling Perú S.A.C.			Absorción	2.8%
Proyecto:	Aplicación de shotcrete en chimenea de UM El Brocal				
f'c:	310.00				
Energía absorbida:	Mayor a 500				
Diseño de prueba N° 01 a probar en mina		m3			
		1.0	2.0	3.0	4.0
Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Cemento tipo I	Kg.	500.00	1,000.00	1,500.00	2,000.00
Arena gruesa de Vicco	Kg.	1,529.00	3,058.00	4,587.00	6,116.00
Aditivo hiperplastificante Macflu 110	Kg.	4.65	9.30	13.95	18.60
Aditivo acelerante HAA Macfree Plus	Kg.	34.30	68.60	102.90	137.20
Aditivo inhibidor de fragua SikaTard	Kg.	1.00	2.00	3.00	4.00
Fibras poliméricas Barchip R 50	Kg.	4.00	8.00	12.00	16.00
Agua	Lt.	119.92	239.84	359.76	479.68
Aire atrapado	%	0.04	0.04	0.04	0.04

Fuente: (Propia).

Ilustración 15. Medición de slump - shotcrete



Fuente: (Propia).

El ensayo consiste en rellenar un molde metalico el concreto preparado en planta para ver el asentamiento del shotcrete.

Ilustración 16. Trasegado de concreto hacia la bomba TK20



Fuente: (Propia).

Es la separación de material que no pertenece a la mezcla shotcrete preparada.

Ilustración 17. Sistema de protección al personal (EPPs)



Fuente: (Propia).

El personal utiliza todos los EPPs adecuados al sistema de trabajo en shotcrete

Resultados control de equipos

Con la integración del personal y con un buen control de equipos en el funcionamiento del proceso de sostenimiento con shotcrete con el sistema

Spraycrete nos permite lograr prevenir accidentes de trabajo en la Mina El Brocal.

Tomando en cuanto a las siguientes consideraciones.

- El personal no está expuesto a la caída súbita de material que se desprenda de la chimenea o el desprendimiento de una jaula al vacío.
- Personal no está expuesto en espacio confinado.
- Mayores rendimientos.
- Menor mano de obra.
- Automatización del proceso aportando nuevas tecnologías en la tarea.

Entrega uniformidad de espesor a lo largo del túnel vertical.

Ilustración 18. Chimenea para inicio de instalación de equipo



Fuente:(Propia).

Antes de iniciar con los trabajos de instalación de los equipos la chimea debe tener una parrilla metálica de fierro corrugado con una compuerta al centro.

Ilustración 19. Instalación de equipos en la cámara



Fuente: (Propia).

En el proceso de instalación de los equipos spraycrete deben estar ubicados en lugares estratégicos para tener la accesibilidad al personal.

Ilustración 20. Proceso de sostenimiento con shotcrete en chimenea



Fuente: (Propia)

En el proceso de sostenimiento con shotcrete en chimenea el personal está ubicado sobre una plataforma metálica utilizando el arnés de seguridad, línea de vida y son anclados en el equipo retráctil, así poder adicionar la línea de manguera dentro de la chimenea en el lanzado shotcrete.

Ilustración 21. Filmación de chimenea sostenida



Fuente: (Propia).

Después de culminar el sostenimiento con shotcrete en chimenea se realiza la filmación de toda la columna de la chimenea sostenida para verificar la uniformidad de shotcrete.

Zona Alta

- Rampas, By pases y Accesos: 3.5 m x 3.5
- Galerías y subniveles: de 2.8 m x 2.8 m a 3.5 m x 3.5 m de acuerdo al ancho de estructura
- Chimeneas VCR: 2.0 m x 2.0 m
- Chimeneas RB: de 1.5 m o 3.0m de diámetro

CONCLUSIONES

- El uso del sistema Spraycrete para el sostenimiento de chimeneas aporta principalmente para la estabilidad de roca de la chimenea y rapidez en su operación; asimismo, se puede lograr distancias relativamente extensas incluso hasta 300 metros, y en su control eficiente, se logra optimizar los tiempos operativos.
- El equipo Spraycrete es un método que otorga una alta seguridad en diferencia de otros métodos de sostenimiento de chimeneas; por ser un procedimiento seguro y versátil.
- El equipo Spraycrete al momento de ejecutar el respectivo sostenimiento, este se torna más seguro debido a que existe plataformas seguras en la parte superior de la chimenea, donde el trabajador no está expuesto dentro de la chimenea o trabajos similares.
- En la realización del sostenimiento de chimeneas, el equipo Spraycrete, su eficiencia a permito la reducción de los costos considerables, ya que este sistema reduce los tiempos operativos y se tiene mayor avance por día; es decir el costo por metro lineal de avance es más rentable.
- La baja humedad limpio y anguloso es el más apropiado para el lanzado de shotcrete mediante vía húmeda, porque satisface todas las necesidades con respecto a las resistencias de las muestras.
- Para el sostenimiento de chimeneas con shotcrete, se necesita baja humedad de la arena y en grandes cantidades de una cantera limpia, y arena angulosos; con estos elementos se consigue un sostenimiento efectivo.

RECOMENDACIONES

- Realizar el sostenimiento con el equipo Spraycrete, manteniendo una revisión exhaustiva de los equipos, accesorios y distintos materiales, a fin de evitar tiempos muertos en las operaciones.
- Se recomienda que al equipo Spraycrete, se le realice el mantenimiento al periódico requerido, pero sobre todo se debe tomar atención en los equipos y accesorio de todo el sistema.
- Se recomienda que el personal que ejecuta los trabajos con el equipo Spraycrete, se le capacite constantemente a fin de evitar incidentes o accidentes.
- Para que el sostenimiento con shotcrete sea más eficiente y efectivo es necesario contar con un diseño de mezcla de acuerdo a los estándares establecidos para este sistema, para optimizar el rendimiento de equipos y del personal.
- Para conseguir alta eficiencia y efectividad, se debe capacitar las habilidades y destrezas del operador; además, el equipo spraycrete debe estar en óptimas condiciones con alta disponibilidad mecánica, a fin de conseguir un lanzamiento del concreto, según lo planificado.

BIBLIOGRAFÍA

- Milton Abel, A. (2019) proyecto de investigación “eficiencia del equipo alimak sth-5e en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera sierra antapite s.a.c.”
- Campos Bravo, J. (2015) Planeamiento Estratégico para Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- César David, V. (2022) “implementación de un sistema de control de nivel en las pozas de agua reciclada para la planta concentradora de la sociedad minera el Brocal S.A.A.”
- Oswaldo Ortiz, S. (2016) Espaciamiento óptimo de niveles y chimeneas en la explotación minera subterránea
- Arca Cordero, P. (2012) análisis de esfuerzos de los pernos hydrabolt para estandarización geomecánica en la construcción de chimeneas con equipo alimak sth - se en consorcio Minero Horizonte S.A.·"
- Contreras, E. (2018). Ejecución de Chimeneas mediante Sistema Alimak y V.C.R. USACH.
- Curasma, J., & Tito, E. (2014). Optimización de operaciones en las construcciones de chimeneas con el método Raise Climber utiando equipo Alimak STH-5E en Mina Marsa - 2012. Titulación en Ingeniería de Minas. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Dammert, A., & Molinelli, F. (2007). Panorama de la Minería en el Perú. Lima, Perú.
- Gómez Herrera, G. (2023). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII/UAP para el título de Ingeniero Industrial. “Mejora al proceso de despacho de materiales a las áreas operativas de la unidad minera de Orcopampa – CIA Buenaventura S.A.A. 2023”. Lima, Perú: Electrónico&Digital.
- Minera Yanacocha sulfuros. (2023). Procedimientos y otros documentos de la web Obtenidos.de.https://www.google.com/search?gs_ssp=eJz4tTP1TcwLShJNjVgtF11qLA0TDIyNTYwNzUwM7FMMze0MqiwMDBNsZRJTuPOTrU0MLRI8xKqTMxLTM5PzkhUKC7NSSsty8GAJc2FL0&q=yanacocha+sulfuros&oq=yanacocha+&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqDQgCEC4YrwEYxwEYgAQyBggAEEUYOTIHCAEQABiABDINCAIQLhivARjHARiABDIHCAMQABiABDIHCAQYOTIHCAEQABiABDIHCAUQABiABDIHCAYQABiABDIGCAcQRRhB0gEINDkzNmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

- Minera Yanacocha. (2022). Estándares de trabajo y normas de respuesta a emergencias, obtenido del plan anual de respuesta a emergencias.
- Jorge Barra. (2015). FODA Minera Yanacocha, (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) obtenidos de <https://es.scribd.com/document/273259423/FODA-de-Minera-Yanacocha#>
- Aiteco consultores. (2012). Herramientas de calidad, las siete herramientas básicas, obtenidos de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>
- Gomes Herrera. G. (2023). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII/UAP para el título de Ingeniero Industrial. “Mejora al proceso de despacho de materiales a las áreas operativas de la unidad minera de Orcopampa – CIA Buenaventura S.A.A. 2023”. Lima, Perú: Electrónico Digital.
- D.S. N° 023-2017-EM. (2017). Capitulo XVII plan de preparación y respuesta para emergencias.https://minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2016/RSSO_2017.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

TÍTULO: Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal. Tesista: Bach.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVERSIÓN
GENERAL: ¿Es posible efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal? Problemas específicos A. ¿La ejecución del sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal? B. ¿La aplicación del sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorará los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal?	GENERAL: Efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal. Objetivos específicos A. Ejecutar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para fortalecer la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal. B. Aplicar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para mejorar los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.	GENERAL Con el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete se tendrá la Prevención de Accidentes en la Compañía Minera El Brocal. Hipótesis específicas A. El sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal. B. El sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorará los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.	INDEPENDIENTE X: Sostenimiento de Chimeneas en la Compañía Minera El Brocal. DEPENDIENTES Y: Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.	Caracterización Geomecánica Parámetros geotécnicos Compañía Minera El Brocal	Mapeos geomecánicos Determinación de las RMR Sostenimiento Zonificación. Spraycrete	TIPO: Aplicada. NIVEL: Evaluativa.

Anexo 2. Formato de Control y Mejora

	FORMATO		MDP-SHT-008	
	SHOTCRETE		Revisión	1
			Fecha de efectividad	30/06/2022
	Check List Pre arranque Equipo, Tablero Bomba Concreto		Página	1 de 2



APAGADO COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO



TABLERO DE CONTROL

COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
1.- SENSORES (DE PISTONES Y DE TOLVA)			
2.- CAJA DE AGUA DE CILINDROS			
3.- CONTROL			
4.- ESTADO DEL RADIADOR (NIVEL DE AGUA)			
5.- VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL			
6.- SISTEMA HIDRÁULICO			
7.- NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR			
8.- ESTADO DE FILTRO DE AIRE Y ACEITE			
9. ESTADO DE LLANTAS Y SOPORTE DE TIRO			
10.- Estado General			

COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO ENCENDIDO

Realizar engrasado de puntos de lubricación de manera diaria.
 Agregar Diesel en la tolva antes de iniciar el vaciado de concreto.
 ¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno?

Si ____ No ____

INDICADOR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
PARO DE EMERGENCIA		
BOTON DE ENCENDIDO		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
REMOTO / LOCAL		
RPM+ / RPM-		
BOCINA		
ON / OFF		
ADELANTE / ATRÁS		
CAMBIO DE STROKE		

COMPONENTE	ESTADO / NIVEL
VOLTAJE DE ALTERNADOR	V
FILTROS DE DIESEL	
AMPERAJE DE BOMBA DIESEL	

OBSERVACIONES GENERALES

_____	OPERADOR		
_____	SUPERVISOR		

Anexo 3. Formatos Check List

	FORMATO		MDP-SHT-008	
	SHOTCRETE		Revisión	1
	Check List Pre Arranque Tablero Eléctrico Winche		Fecha de efectividad	30/06/2022
			Página	1 de 1

Mina: _____	Robot: _____	Nivel/Ubicación: _____	Fecha: _____
Número de chimenea: _____	Diámetro de RB: _____	Longitud de RB: _____	
Horómetro Inicial: _____	Horómetro Final: _____	Tiempo de Producción: _____	



COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO APAGADO

COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
Las puertas del pack eléctrico tienen candados			
Cellos de las puertas limpios y secos			
Condición de conexiones y ruteado de cables.			
Hay cables sueltos o calientes.			
Condiciones de los contactores y mecanismo de control.			
Condiciones del variador de velocidad			
Variador de velocidad regula la velocidad			
Funcionamiento correcto del ventilador de refrigeración.			
Filtros colocados en las puertas y en buenas condiciones			
Las luces en la unidad están operativas.			
Se tiene puesta a tierra.			
Condiciones de prensaestopas y conectores.			
Condición general de la unidad de potencia (Pintado, rotulado, etc.)			

TABLERO DE CONTROL

INDICADOR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
PARO DE EMERGENCIA		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
REMOTO / LOCAL		
RPM+ / RPM-		
BOCINA		
ON / OFF		

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno?
Si _____ No _____

OBSERVACIONES GENERALES

OPERADOR		
SUPERVISOR		

	FORMATO		MDP-SHT-005	
	SHOTCRETE		Revisión	1
			Fecha de efectividad	30/06/2022
	Check List Pre Uso De Mangueras		Página	1 de 1

Mina: _____ Robot: _____ Nivel/Ubicación: _____ Fecha: _____
 Número de chimenea: _____ Diámetro de RB: _____ Longitud de RB: _____



COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
1.- PRENSADO DE ACOPLES ESTA FIRME			
2.- TERMINAL DE ACOPLA EN BUENAS CONDICIONES			
3.- ESTADO DE LA PARTE EXTERNA DE LA MANGUERA			
4.- MALLA INTERIOR DE LA MANGUERA SE VE EXPUESTA			
5.- CANTIDAD DE TRAMOS DE MANGUERA INSPECCIONADAS			
6.- METROS CUBICOS TOTALES DE LAS MANGUERAS SOSTENIDOS			
1.- PRENSADO DE ACOPLES ESTA FIRME			
2.- TERMINAL DE ACOPLA EN BUENAS CONDICIONES			
3.- ESTADO DE LA PARTE EXTERNA DE LA MANGUERA			
4.- MALLA INTERIOR DE LA MANGUERA SE VE EXPUESTA			

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno? Si _____ No _____

OBSERVACIONES GENERALES

OPERADOR		
SUPERVISOR		

	FORMATO		MDP-SHT-008	
	SHOTCRETE		Revisión	1
			Fecha de efectividad	30/06/2022
	Check List Pre Arranque Equipo, Tablero del Compresor		Página	1 de 1

Mina: _____ Robot: _____ Nivel/Ubicación: _____ Fecha: _____
 Número de chimenea: _____ Diámetro de RB: _____ Longitud de RB: _____
 Nivel de aceite: _____ Nivel de Diesel: _____
 Horómetro Inicial Bomba: _____ Horómetro Final Bomba: _____ Tiempo de producción: _____



COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO APAGADO



TABLERO DE CONTROL

COMPONENTE	ESTADO	
	BUENO	REGULAR
1.- FILTRO DE ACEITE DE COMPRESOR		
2.- FILTRO DE COMBUSTIBLE		
3.- FILTRO DE AIRE DEL MOTOR		
4.- FILTRO DE AIRE DEL COMPRESOR		
5.- ESTADO DEL RADIADOR (NIVEL DE AGUA, GOTERAS)		
6.- ESTADO DE LA BATERIA		
7.- NIVEL Y ESTADO DE ACEITE DEL MOTOR		
8.- ESTADO DEL TANQUE DE GASOLINA		
9.- VERIFICAR SI NO TIENE GOTEIO DE NINGUN FLUIDO		
10. ESTADO DE LLANTAS Y SOPORTE DE TIRO		
11.-TABLERO DE CONTROL		
12.- SALIDAS DE AIRE		

INDICADOR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
PARADA DE EMERGENCIA		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
RPM+ / RPM-		
BOCINA		
ON / OFF		
CARGA / DESCARGA		

COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO ENCENDIDO

COMPONENTE	ESTADO / NIVEL
VOLTAJE DE ALTERNADOR	V
FILTROS DE DIESEL	
AMPERAJE DE BOMBA DIESEL	

Realizar engrasado de puntos de lubricación de manera diaria.

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno? Si _____ No _____

OBSERVACIONES GENERALES

_____	OPERADOR		
_____	SUPERVISOR		

 MASTER DRILLING	FORMATO		MDP-SHT-006	
	SHOTCRETE	Revisión	1	
		Fecha de efectividad	30/06/2022	
	Check List Prearranque Motor Neumático - Centrifugo	Página	1 de 1	

Mina: _____ Robot: _____ Nivel/Ubicación: _____ Fecha: _____
 Número de chimenea: _____ Diámetro de RB: _____ Longitud de RB: _____



COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO APAGADO

COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
1.- CONEXIÓN DE 2" HD PARA MANGUERA DE CONCRETO.			
2.- TUBO 2" CEDULA 40.			
3.- CONEXIONES (2 UNIDADES) PARA INGRESO Y SALIDA DE AIRE TIPO GARRA AMERICANA 3/8".			
4.- EMPAQUETADURA DE CONEXIONES TIPO GARRA AMERICANA			
5.- DIFUSOR DE CONCRETO.			
6.- TUBOS DE SALIDA DE INECTOR DE ADITIVO			
7.- MOTOR NEUMATICO			
8.- CONEXIÓN 3/8" TIPO GARRA AMERICANA PARA ADITIVO			
9.- TODAS LAS CONEXIONES ESTAN BIEN AJUSTADAS			
10.- ESTADO GENERAL			

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno? Si _____ No _____

OBSERVACIONES GENERALES

_____	OPERADOR		
_____	SUPERVISOR		