

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Aplicación del modelo matemático de Roger Holmberg
para mejorar el diseño de malla de perforación y
voladura, Unidad Minera Julcani**

Miguel Haans Trinidad Cárdenas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Continental por haberme brindado la oportunidad y enriquecerme en conocimiento respecto a la facultad de ingeniería de minas.

A mis docentes de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Alas Peruanas, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

A la Unidad Minera Julcani - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., por abrirme sus puertas y permitirme realizar el trabajo de investigación en las operaciones de Reprocesamiento de Ripios.

Finalmente, a todo los colaboradores de la Unidad Minera Julcani - Compañía De Minas Buenaventura S.A.A., por el constante apoyo durante la investigación.

TRINIDAD CÁRDENAS, MIGUEL HAANS

DEDICATORIA

A quienes me enseñaron la luz del día y que con amor y paciencia me formaron con valores, mis padres.

ÍNDICE

PORTADA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	ix
RESUMEN EJECUTIVO	x
ABSTRAC EXECUTIVE	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD MINERA JULCANI	13
1.1 Datos generales de la institución	13
1.2 Actividades principales de la institución y/o empresa	13
1.3 Reseña historica de la institución y/o empresa	14
1.4 Organigrama General de la Unidad Julcani	15
1.5 Visión y Misión	15
1.6 Bases legales o documentos administrativos	17
1.7 Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	17
1.8 Descripción del cargo de las responsabilidades del bachiller en la institución y/o empresa	18
CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	19
2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional	19
2.2 Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	19
2.3 Objetivos de la actividad profesional	20
2.4 Justificación de la actividad profesional	20
2.5 Resultados esperados	20
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	22
BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS	22
3.1 Labores de desarrollo	22
3.1.1 Ciclo de minado	22
3.2 Maquinaria, equipos, herramientas y materiales	23
3.2.1 Perforación	23
3.2.2 Limpieza	24

3.2.3 Extracción	27
3.2.4 Sostenimiento.....	28
3.3 Esquema de perforación.....	31
3.3.1 Esquemas de Voladura	31
3.3.2 Tipos de perforación.....	32
3.3.3 Avance lineal.....	33
3.4 Dureza de la roca.....	33
3.5 Voladura subterránea	34
3.5.1 Parámetros para el proceso de voladura más explosivos	34
3.5.2 Parámetros de la roca	35
3.5.3 Condiciones de la carga	36
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	38
4.1 Descripción de actividades profesionales	38
4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales.....	38
4.1.2 Alcance de las actividades profesionales	38
4.1.3 Entregables de las actividades profesionales	38
4.2 Aspectos técnicos de la actividad profesional	45
4.2.1 Metodologías.....	45
4.2.2 Técnicas.....	48
4.2.3 Instrumentos.....	48
4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	48
4.3 Ejecución De Las Actividades Profesionales.....	49
4.3.1 Cronograma de actividades realizadas.....	49
4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....	53
CAPÍTULO V: RESULTADOS	55
5.1 Resultados finales de las actividades realizadas.....	55
5.1.1 Desarrollo del modelo matemático de Roger Holmberg para mejorar los parámetros de perforación y voladura en los frentes de avance, Unidad Minera Julcani	55
5.1.2 Desarrollo de la división de la labor en 5 sección por el modelo matemático de Roger Holmberg	57
5.1.3 Desarrollo del modelo matemático de Roger Holmberg para mejorar la estabilidad del macizo rocoso tras la voladura de los frentes de avance, Unidad Minera Julcani	59

5.1.4 Desarrollar el modelo matemático de Roger Holmberg para reducir el costo de perforación y voladura en los frentes de avance, Unidad Minera Julcani.....	62
5.2 Logros Alcanzados	68
5.3 Dificultades Encontradas	68
5.4 Planteamiento De Mejoras	69
5.5 Análisis La Situación Actual	77
5.6 Aporte Del Bachiller En La Empresa Y/O Institución	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Organigrama de la Unidad Minera Julcani	15
Figura N° 2: Diagrama de Ichikagua de las deficiencias del proceso de perforación y voladura.....	20
Figura N° 3: Máquina Perforadora Jack Leg, Unidad Minera Julcani	24
Figura N° 4: Pala Neumática, Unidad Minera Julcani.....	25
Figura N° 5: Equipo Scooptram de 3.5 yd ³ , utilizada en la Unidad Minera Julcani.....	26
Figura N° 6: Equipo winches de izaje, utilizada en la Unidad Minera Julcani	27
Figura N° 7: Equipo locomotora, utilizada en la Unidad Minera Julcani.....	28
Figura N° 8: Utilización de la varilla de fierro corrugado en el sostenimiento, utilizada en la Unidad Minera Julcani	29
Figura N° 9: Malla electrosoldada, utilizada en la Unidad Minera Julcani.....	30
Figura N° 10: Instalación de la malla electrosoldada, utilizada en la Unidad Minera Julcani	31
Figura N° 11: Zonas de una voladura en un frente.....	32
Figura N° 12: Escala de Mohs	34
Figura N° 13: Resultado de la voladura y el taladro anillado en el frente.	39
Figura N° 14: Malla de perforación y voladura estandarizada con equipo Jackleg.	41
Figura N° 15: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura A	50
Figura N° 16: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura B	51
Figura N° 17: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura C	52
Figura N° 18: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura D	53
Figura N° 19: El cronograma de los trabajos diarios realizados en la unidad Minera Julcani	54
Figura N° 20: Malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg con equipo manual Jackleg.	60
Figura N° 21: Esquema de carguío de la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg con equipo manual Jackleg.	62
Figura N° 22: Distribución de los taladros de arranque del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.	71

Figura N° 23: Distribución de taladros en los cuadradores del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.....	72
Figura N° 24: Distribución de los taladros de ayuda del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.	73
Figura N° 25: Distribución de taladros de contorno del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.	74
Figura N° 26: Distribución de taladros de arrastre del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.	75
Figura N° 27: Distribución de los taladros del diseño de malla de perforación y volara con el modelo matemático de Roger Holmberg	76

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Datos generales de la institución.....	13
Tabla N° 2: Decretos y Leyes.....	17
Tabla N° 3: Certificaciones Internacionales.....	17
Tabla N° 4: Análisis de causas y efecto del disparo anillado.....	40
Tabla N° 5: Distribución de carga y datos técnicos	42
Tabla N° 6: Formato de control de los trabajos de perforación.....	46
Tabla N° 7: Formato de control de los trabajos de voladura.....	47
Tabla N° 8: Cronograma de capacitación de los trabajos de perforación y voladura unidad Minera Julcani.....	49
Tabla N° 9: Parámetros de diseño	55
Tabla N° 10: Cálculos generales del diseño de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.....	56
Tabla N° 11: Cálculo del diseño de arranque.....	57
Tabla N° 12: Cálculo de los cuadrantes	58
Tabla N° 13: Cálculo de los taladros de ayuda en la corona	58
Tabla N° 14: Taladros de contorno en Corona.....	58
Tabla N° 15: Taladros de contorno en Hastiales.....	59
Tabla N° 16: Taladros de arrastre	59
Tabla N° 17: Distribución de carga y datos técnicos	61
Tabla N° 18: Datos técnicos de perforación y voladura.....	63
Tabla N° 19: Estructura de costos de perforación y voladura.....	64
Tabla N° 20: Datos técnicos de perforación y voladura incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd ³	65
Tabla N° 21: Estructura de costos de perforación y voladura de la mejora del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg	66
Tabla N° 22: optimización del costo de perforación y voladura en los frentes de avance	67
Tabla N° 23: Mejora de eficiencia en los frentes de avance con barrenado de 8 pies.	69

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio está orientado en mostrar las herramientas útiles aplicadas en las labores desarrolladas como asistente de perforación y voladura en la Unidad Minera Julcani, perteneciente a la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A, en el cual se detallará con una descripción de las labores desarrolladas, los objetivos trazados y los logros alcanzados.

En la unidad Minera Julcani, al finalizar las voladuras de los frentes de avance, se evidenció una mayor cantidad de volumen roto, sobrerotura de frente de la labor; el cual genera sobrecostos en el transporte del mineral y gasto de explosivos para las voladuras realizadas, por lo que se hizo la propuesta de un diseño de malla de voladura aplicando un modelo matemático para así comparar los estándares que usan actualmente.

Para realizar los cálculos respectivos para el desarrollo del diseño de la malla de perforación y voladura, se tomarán los parámetros físicos-mecánicos del macizo rocoso donde existen deficiencias, así como el tipo de explosivo que usaremos. Para lograr un buen desarrollo del presente trabajo se debe tomar en cuenta el correcto marcado de la malla de perforación y las técnicas de voladura controlada como pueden ser: optimizar el programa de avance lineal, mejorar la voladura (m/disparo), reducir la cantidad de explosivo (Kg/TM) esto nos dará una reducción de la sobrerotura y mejorar el ciclo de minado en general.

Los logros alcanzados es la mejora en la perforación y voladura disminuyendo las sobreroturas, consumo de explosivos accesorios, aceros de perforación y minimizando el costo de perforación y voladuras respectivamente.

Palabras claves: perforación, voladura, diseño de malla, modelo matemático de Holmberg.

ABSTRAC

The present study is oriented to show the useful tools applied in the tasks developed as a drilling and blasting assistant in the Julcani Mining Unit, belonging to the Compañía de Minas Buenaventura S.A.A, in which it will be detailed with a description of the tasks developed, the objectives set and achievements made.

In the Minera Julcani unit, at the end of the blasting of the advancing fronts, a greater amount of broken volume was evidenced, over-breaking of the working front; which generates cost overruns in the transportation of the ore and expense of explosives for the blasting carried out, for which a proposal was made for a blasting mesh design applying a mathematical model in order to compare the standards currently used.

To carry out the respective calculations for the development of the drilling and blasting mesh design, the physical-mechanical parameters of the rock mass where there are deficiencies will be taken, as well as the type of explosive that we will use. In order to achieve a good development of the present work, the correct marking of the perforation mesh and the controlled blasting techniques must be taken into account, such as: optimizing the linear advance program, improving the blasting (m/shot), reducing the amount of explosive (Kg/MT) this will give us a reduction in overbreaking and improve the mining cycle in general.

The achievements achieved are the improvement in drilling and blasting, reducing overbreaks, consumption of accessory explosives, drilling steel and minimizing the cost of drilling and blasting, respectively.

Keywords: drilling, blasting, mesh design, Holmberg mathematical model.

INTRODUCCIÓN

La elaboración del presente informe se realizó a través de la recopilación de datos de campo (toma de tiempos) mediante los formatos establecidos para las diferentes actividades unitarias de perforación y voladura; con la finalidad de obtener indicadores que nos permitirán observar la realidad del proceso de minado y los problemas que existen en ellas, también mostraremos las posibles soluciones de las mismas.

Unidad Minera Julcani, perteneciente a la COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A, se encuentra ubicada en la provincia de Angaraes, distrito de Ccochaccasa, la cual presenta un yacimiento Hidrotermal con una mineralización de enargita -, tetraedrita, galena - argentífera y baritina y el tipo de roca principal que se encuentra es la lava dacítica (dacita).

El trabajo de recopilación de datos de campo se realizó en 2 lugares de la mina, considerando como labor de desarrollo el CRUCERO 468 del Nivel 610 - Mina Acchilla y labor de explotación el TAJO 468 - 16 del Nivel 610 sector de la veta Yamila - Mina Acchilla.

Los indicadores calculados en función a la recopilación de datos nos permitirán determinar los rendimientos en las diferentes actividades unitarias con el objetivo de mejorar la operación y reducir los tiempos inoperativos, determinado las causas de los problemas dentro de la operación minera.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD MINERA JULCANI

1.1 DATOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN

Tabla N°1: *Datos generales de la institución*

NOMBRE DE LA EMPRESA	UNIDAD MINERA JULCANI
RAZÓN SOCIAL:	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A
RUC:	20100079501
TIPO DE EMPRESA:	Sociedad Anónima Abierta
DIRECCIÓN:	Las Begonias 415, Piso 19, San Isidro Lima - Perú
TELÉFONO:	(01) 419-2500
PÁGINA WEB:	http://www.buenaventura.com.pe

Fuente: *Elaboración propia*

1.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA

1.2.1 EN LABORES DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO

A. PERFORACIÓN Y VOLADURA

- Perforación con maquina Jack Leg
- Cebado y carga de explosivos
- Amarre del sistema de iniciación
- Disparo

B. DESATADO

- Desatado de rocas

C. LIMPIEZA Y EXTRACCIÓN

- Acarreo
- Evacuación de mineral y desmonte

D. RE-DESATADO

- Re-desatado de rocas

E. SOSTENIMIENTO

- Shotcrete 2”
- Perno Split Set
- Perno Helicoidal
- Cimbras

1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA

Los antecedentes históricos de la Compañía de Minas Buenaventura se inician en la década de 1950 con el alquiler de la mina de Julcani, en 1953 la organización se constituyó por la ilusión del ingeniero de minas, Alberto Benavides de la Quintana. (1)

Desde esa oportunidad hasta la fecha la organización ha aportado a la minería peruana a través de la revelación de zonas mineralizadas y la divulgación de activos y almacenes los que luego se han convertido en una retribución monetaria que ha permitido que la minería sea uno de los principales ejercicios que sustentan el desarrollo del Perú. (1)

Hoy en día es una de las organizaciones más significativas y referenciales en el área, este año celebra su 64ª conmemoración con elevadas exigencias para la industria minera pública. A continuación, una breve reseña de algunos resultados. (1)

En diciembre de 2016, la Compañía de Minas Buenaventura descubrió que Tambomayo (situada en el distrito de Arequipa) no era en ese momento un emprendimiento sino su nueva unidad minera. (1)

Por lo tanto, se descubrió recientemente el año pasado que, Tambomayo creó su primera barra de Dore. (1)

No obstante esta noticia edificante para la organización y para la minería peruana, la empresa de capitales peruanos reveló que, durante el año 2016, la creación de los metales fundamentales sumó a 191,102 onzas (oz) de oro; 21'104,412 oz de plata y 17,690 toneladas métricas finas (TMF) de zinc. (1)

En su "Información Monetaria" actualizada al 31 de diciembre de 2016, Buenaventura determinó que el procedimiento formal de San Gabriel (Moquegua) se realizó el 17 de junio de 2016. (1)

"Esta es una etapa vital para obtener el aval del Estudio de Impacto Ambiental", impartió la entidad en un informe presentado a la Superintendencia del Mercado de Valores (SMV). (1)

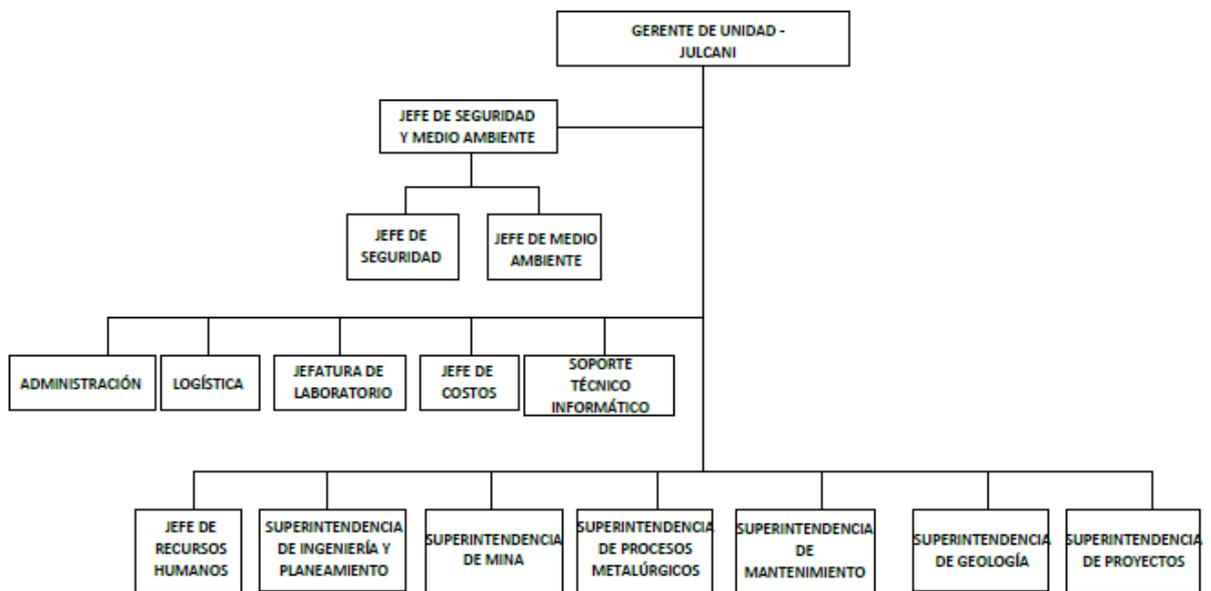
Por otra parte, en el informe "The board's Discussion and Analysis", la organización expresó que se mantiene al día con los intereses vitales de las organizaciones auxiliares y afines. (1)

Actualmente, en el Perú tiene cuatro unidades mineras en funcionamiento: Uchucchacua, Orcopampa, Julcani y Mallay; cuatro unidades mineras detenidas: Poracota, Recuperada, Shila-Paula y Breapampa y dos unidades mineras en etapa de desarrollo: Tambomayo y San Gabriel. (1)

Cabe señalar que en los emprendimientos que se dieron a conocer para cada unidad minera, se encuentra en etapa de "Aumento" con un límite completo previsto para el segundo trimestre de 2017- el CAPEX total fue de US\$ 362 millones. (1)

1.1 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA UNIDAD JULCANI

Figura N°1: Organigrama de la Unidad Minera Julcani



Fuente: *propia*

1.2 VISIÓN Y MISIÓN

1.2.1. Misión

Al 2024 aspiramos ser una empresa minero-metalúrgica líder en América Latina creando el mayor valor para la sociedad. (2)

Ser el operador minero de preferencia y de mayor aceptación para las comunidades, las autoridades y la opinión pública en general. (2)

Generar la mayor valoración de la compañía ante todos sus públicos de interés (stakeholders). (2)

1.2.2. Visión

Buenaventura está comprometido en:

- Formar y mantener un equipo humano multidisciplinario, alineado con nuestra visión, operando con excelencia y altos estándares de seguridad, respeto por el medio ambiente y el entorno social. (2)
- Adoptar los más altos estándares de la industria e impulsar la innovación permanente. (2)
- Actuar en estricto apego a la ley, a nuestros principios éticos y nuestros valores. (2)
- Promover el crecimiento orgánico a través de la exploración y estar alertas a las oportunidades de adquisición de activos mineros en el Perú y América Latina. (2)
- Estar dispuestos a unir esfuerzos con empresas afines para mitigar riesgos e incorporar nuevas tecnologías. (2)
- Mantener la comunicación permanente y transparente con nuestros colaboradores, accionistas, poblaciones, autoridades y otros grupos de interés, generando un ambiente laboral que promueva el trabajo en equipo y el desarrollo humano. (2)
- Aplicar las mejores prácticas de gobernanza corporativa maximizando el valor de la empresa. (2)
- Creer en la responsabilidad social compartida y fomentar alianzas estratégicas con el Estado, las comunidades y las poblaciones donde operamos, involucrándonos e integrándonos en el desarrollo sostenible del país. (2)

1.2.3. Valores

- **Honestidad:** Actuar de manera recta y proba, sin mentir, engañar u omitir la verdad. (2)
- **Laboriosidad:** Pasión por el trabajo, dando lo mejor de uno mismo, actuando de manera eficiente, segura y responsable. (2)
- **Lealtad:** Compromiso con la empresa, su misión, visión y valores. Somos parte de un mismo equipo. (2)
- **Respeto:** Consideración y trato cortés hacia las personas, sus ideas, su cultura y sus derechos. (2)
- **Transparencia:** Comunicaciones y actos veraces, claros, oportunos y sin ambigüedad. (2)

1.3 BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS

Somos el Operador Integral más importante en Perú con amplia experiencia y reconocida trayectoria en minería subterránea, mantenemos los más altos estándares en nuestros procesos, con seguridad como primer baluarte.

Tabla N° 2: *Decretos y Leyes*

Decreto Supremo N° 055-2010-EM	Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional
Decreto Supremo N° 024-2016-	Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
Ley N° 29783	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo

Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de seguridad de la U.M Julcani. Lima: Tecnología XXI S.A, 2020. (3)*

Tabla N° 3: *Certificaciones Internacionales*

ISO 9001	Gestión de Calidad
ISO 14001	Gestión de Calidad
OHSAS 18001	Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional

Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de seguridad de la U.M Julcani. Lima : Tecnología XXI S.A, 2020. (3)*

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES.

El área donde se laboró tiene la función de garantizar el cumplimiento de los indicadores de gestión, objetivos estratégicos y el presupuesto del área de planeamiento y control de producción en operación del área de minas, se aplica para lograr las metas u objetivos que se trazan en una unidad de producción de una empresa minera lo que depende del tipo de organización con el que cuenta la empresa minera. (2)

Con la planificación minera, se propone establecer un plan de negocio que permita explotar de la mejor manera el depósito con todas las complejidades técnico-operacionales y restricciones de distinta índole. Dicho plan de negocio contiene el programa de producción y procesamiento del mineral, además debe definir el lugar y las condiciones bajo las cuales será procesado el mineral. (2)

1.5 DESCRIPCIÓN DEL CARGO DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA

1.5.1. CARGO DESEMPEÑADO

Asistente de perforación y voladura

1.5.2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLADAS EN EL CARGO.

- Apoyo en el proceso de perforación y voladura, así como su control, siguiendo con los procedimientos y estándares de seguridad establecidos por la empresa.
- Soporte técnico en pruebas de perforación y voladura.
- Seguimiento de la obtención de la mejor eficiencia de perforación y voladura.
- Coordinar los trabajos y procedimientos de voladura, tanto en el diseño de mallas de taladros, en los frentes y tajeos, así como en la determinación de factores de carga.
- Elaborar y presentar los informes diarios.
- Elaborar y presentar los informes mensuales.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1 ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

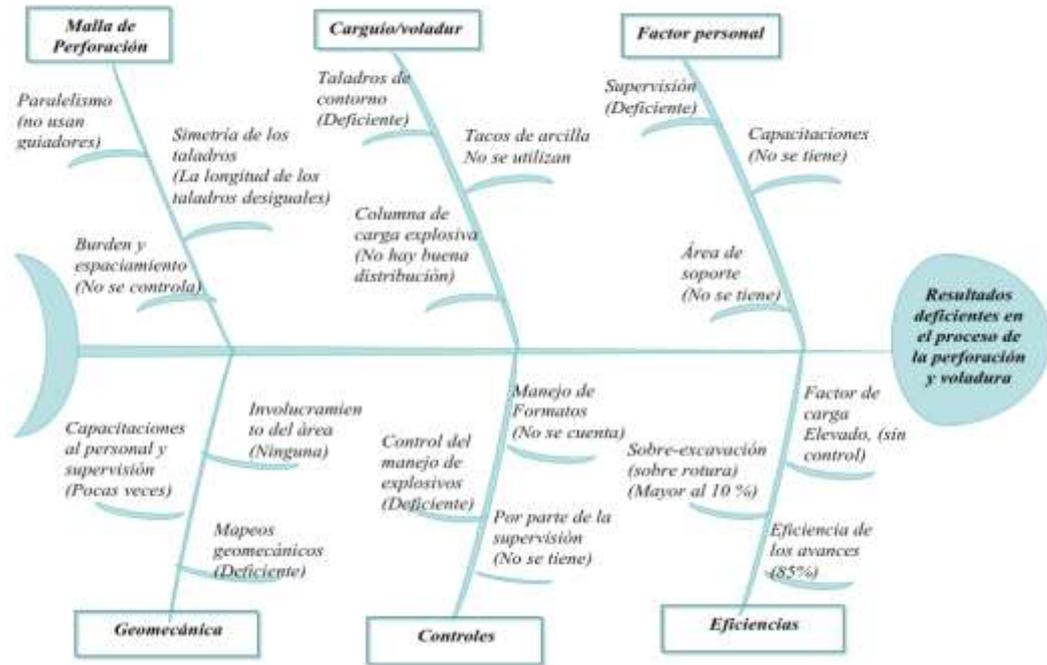
En la unidad minera Julcani – Compañía minera Buenaventura S.A.A, se vienen presentando problemas constantes en los últimos años porque su ciclo de minado se ha venido afectando y se han ido tomando acciones basadas en métodos empíricos, ya que al no tener una buena aplicación no logran solucionar sus problemas.

Un diseño de malla de perforación y voladura es la principal práctica de toda operación unitaria para el ciclo de minado, esta debe tener datos reales en campo como la geomecánica de la roca, carguío y tipo de explosivo, todos estos datos serán tomados para lograr un buen resultado para el diseño óptimo que necesita el frente de labor con problemas.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL

Teniendo como antecedentes sobre las complicaciones que se tenía en la perforación y voladura, se requería de un supervisor que pudiese realizar un mayor control y seguimiento estricto, tanto en el trabajo de gabinete como en el trabajo de campo (in-situ), es ahí cuando habiendo evaluado los problemas que se tenía, se propone implementar un nuevo diseño de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmber con un sistema dinámico y de fácil entendimiento.

Figura N° 2: Diagrama de Ichikagua de las deficiencias del proceso de perforación y voladura.



Fuente: Elaboración Propia

2.3 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

Aplicar el modelo matemático de Roger Holmberg para mejorar el diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Julcani.

2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

Actualmente en la unidad minera Julcani, el diseño de malla usado no es el óptimo, ya que contiene muchas deficiencias al momento de realizar el disparo, generando rocas muy grandes casi al 60% de material roto, sobrecostos en voladura adicional, acarreo y sostenimiento por la sobrerotura del frente de labor. La presente investigación se enfoca en aplicar un modelo matemático según Holmberg para optimizar la voladura en función a la energía que esta genera, gracias a ello se mejorará los procesos de voladura y el ciclo de minado.

2.5 RESULTADOS ESPERADOS

Para realizar los respectivos cálculos óptimos para el desarrollo del diseño de malla de perforación y voladura, se tomarán los parámetros físicos-mecánicos del macizo rocoso donde se tienen las deficiencias, así como el tipo de explosivo que usaremos. Para lograr un buen desarrollo del presente trabajo se debe tomar en cuenta el correcto marcado de la malla de perforación y las

técnicas de voladura controlada como pueden ser: mejorar el programa de avance lineal, mejorar la voladura (m/disparo), minimizar la cantidad de explosivo (Kg/TM), esto nos dará una disminución de la sobrerotura y mejorará el ciclo de minado en general.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 LABORES DE DESARROLLO

3.1.1. Ciclo de minado

- **Perforación:** se realiza con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack Leg, con barreros cónicos de 04, 06 y 08 pies de longitud y brocas de 38 mm. de diámetro, malla de perforación con arranque o corte quemado de taladros paralelos, con burden de 0.15 m a 0.20 m y espaciamiento de 0.30 m.
- **Voladura:** se realiza una voladura controlada con emulsión explosiva encartuchada como el Emulnor de 1000 1" x 7" para las coronas y Emulnor 3000 1" x 8" para ayudas, cuadradores y arrastres, para rocas de tipo III B (Regular), Emulnor 5000 1 ¼ x 12" para el encebado de arranques y como accesorios utilizamos las armadas con fulminante, mecha lenta, carmex 7' y pentacord 3P.
- **Sostenimiento:** se utiliza un sostenimiento permanente con pernos Split set de 5 pies y malla electrosoldada, esto permite al trabajador realizar su tarea en forma segura durante la perforación.
- **Limpieza de carga:** la limpieza de carga en frentes se realiza mediante palas neumáticas.
Este material es depositado en los carros mineros para su posterior transporte.
- **Trasporte:** el transporte del material, una vez cargado en los carros mineros U-60, se lleva a cabo con una locomotora de batería de 1.5 TN hasta el echadero de desmonte para luego ser extraído mediante winches de izaje por piques hasta superficie.

3.2 MAQUINARIA, EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

La Unidad Minera Julcani, es una mina de tipo convencional, cuenta con equipos de perforación, limpieza y acarreo de menor tamaño.

Para la perforación se utiliza, la perforadora tipo Jack Leg; para la limpieza, palas neumáticas con capacidades de cuchara diferentes y para el acarreo, las locomotoras y Scoops de 3.5 yd³ de diferentes capacidades de cuchara y tamaño. A continuación, se detallarán los equipos descritos en el párrafo anterior.

3.2.1. Perforación

A. Máquina Perforadora Jack Leeg

Esta perforadora presenta 4 partes fundamentales:

- **Frontal**

Bocina: tiene por objeto recibir la espiga del barreno y hacerla girar. (4)

Grampa: posee 2 resortes y que están en el extremo del frontal y cuyo objetivo es sujetar el barreno. (4)

Pistón: golpea al extremo o culata del barreno. (4)

Orejas: sirven de ajuste de las tuercas de los tirantes. (4)

- **Cilindro**

Orificio: por donde sale el aire después de haber puesto en movimiento el pistón en el interior.

Dos guías laterales: se encuentran en ambos costados que sirven para ensamblar los tirantes. (4)

- **Cabeza**

Conexiones: son las conexiones del agua y aire.

Válvula de mando: sirve para poner en funcionamiento la máquina perforadora o también para soplar el taladro. (4)

Aguja para agua: se introduce por la misma máquina y por el extremo del cabezal el cual va asegurado por un tapón con roscas, el agua recorre la aguja a lo largo de la máquina por la central de ésta hasta llegar a la espiga del barreno. (4)

Dos orejas: en la cabeza también se hallan las dos orejas de ajuste de los tirantes. (4)

Manilla o empuñadora: sirve para sujetar la máquina perforadora. (4)

Pie de Avance: parte adicional de la máquina y consiste en un cilindro o tubo con un pistón dentro, teniendo en el extremo inferior una uña y una punta que sirve para apoyarse en el terreno. (4)

Figura N° 3: *Máquina Perforadora Jack Leg, Unidad Minera Julcani.*



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

3.2.2. Limpieza

a. Pala neumática

Para la limpieza del mineral o desmonte.

Modelo: Atlas Copco LM-36H

N° Serie: 12-169/ 112/ LM36/ P

Capacidad de carga: 0.15 m³

Rango de presión de aire: 60 – 125 PSI

Consumo de aire máximo: 250 CFM

Las palas neumáticas son equipos que trabajan con aire comprimido a una presión aproximada de 90 Psi, las palas en general constan de tres unidades principales: la parte inferior, la parte del puente

giratorio llamado también torna mesa y la parte superior o parte frontal. Estos equipos son utilizados para el carguío de mineral y desmonte a los carros mineros 60P. En la unidad minera cuenta con siete palas de las cuales seis son EIMCO 12B y una ATLAS COPCO LM36. (4)

Figura N° 4: *Pala Neumática, Unidad Minera Julcani.*



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

b. Scoop eléctrico

Marca: ARAMINE

Modelo Nro.: L110E

Serie Nro.: 4790

Motor Nro.: AV537

Capacidad: 6000 kg/ 13227 lb.

Cuchara: 3.5 yd³

Peso total con carga: 18,050 kg/ 39,793 lb.

Figura N° 5: *Equipo Scooptram de 3.5 yd³, utilizada en la Unidad Minera Julcani*



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

c. Herramientas y materiales

- **Juegos de barrenos:** se pueden encontrar de 2", 4", 6" y 8" (4)
- **Barretillas:** utilizadas para el desatado, estas vienen de diferentes tamaños dependiendo del tamaño de la sección, se pueden encontrar de 4', 6', 8' y 10'. (4)
- **Plataforma de perforación:** utilizada por el maestro perforista para perforar taladros a una altura mayor de la que éste pueda trabajar.
- **Juego de llaves Stylson:** utilizadas para ajustar o desajustar las diferentes máquinas presentes y que intervengan en la actividad (ajustan o desajustan las válvulas de aire, agua que llegan hacia la pala o JackLeg).
- **Saca barrenos:** utilizada para ajustar o aflojar barrenos que tienden a atascarse en los taladros debido a la percusión por la JackLeg.
- **Cucharillas:** utilizadas para retirar todo el detrito y/o pequeña carga dentro del taladro.
- **Chaira:** utilizada para rajar los cartuchos de dinamita y lograr una mayor fuerza de choque.
- **Punzón:** utilizado para cebar los cartuchos de dinamita.
- **Atacadores:** utilizados para confinar las dinamitas dentro del taladro y eliminar espacios.
- **Pico y lampa:** herramientas que tienen diferentes usos, desde la limpieza de mineral hasta la realización de cunetas. (4).

- **Comba y punta:** herramientas utilizadas para la colocación de elementos de sostenimiento como puntales de seguridad.

3.2.3. Extracción

a. Winches de izaje

Equipos accionados por un motor eléctrico de anillos rozantes, los cuales son alimentados por una red de energía en 440 VAC y accionados por un tablero de arranque; estos equipos constan de un tambor a dos tamboras, en los cuales se enrolla un cable acerado y este va acoplado a una caja de transmisión que es movido por un motor eléctrico, donde su función es izar el mineral o desmonte de los principales buzones en baldes. (4) En la unidad minera se cuenta con 03 winches de izaje. (4)

Figura N°6: *Equipo winches de izaje, utilizada en la Unidad Minera Julcani*



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

b. Locomotoras

Las locomotoras son equipos accionados por un motor eléctrico el cual es alimentado por una batería en corriente continua a una tensión de 48 o 76 VCC, la función de estos equipos es de remolcar carros 60P los cuales están cargados de mineral o desmonte, evacuando desmonte de las galerías y mineral de los buzones de los tajos a los buzones principales. (4)

Figura N°7: *Equipo locomotora, utilizada en la Unidad Minera Julcani*



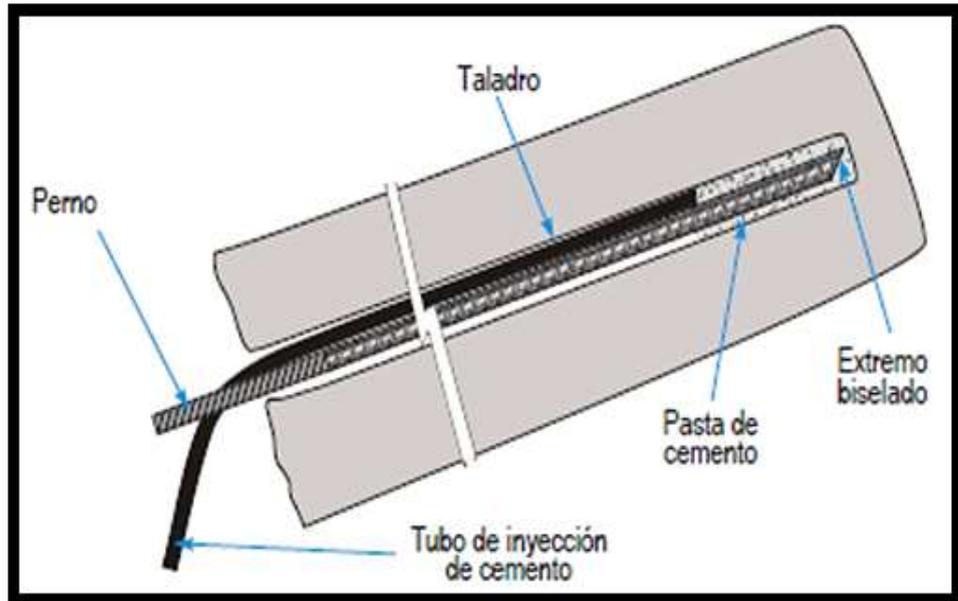
Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

3.2.4. Sostenimiento

a. Pernos cementados o con resina.

Consiste en una varilla de fierro o acero, con un extremo biselado, que es confinado dentro del taladro por medio de cemento (cartuchos inyectados), resina (cartuchos) o resina y cemento. (4) El anclaje entre la varilla y la roca es proporcionado a lo largo de la longitud completa del elemento de refuerzo, por tres mecanismos: adhesión química, fricción y fijación, siendo los dos últimos mecanismos los de mayor importancia, puesto que la eficacia de estos pernos está en función de la adherencia entre el fierro y la roca proporcionada por el cemento, que a su vez cumple una función de protección contra la corrosión, aumentando la vida útil del perno. (4) Los más utilizados son la varilla de fierro corrugado (20 mm diámetro) y la barra helicoidal (22 mm diámetro). (4)

Figura N°8: Utilización de la varilla de hierro corrugado en el sostenimiento, utilizada en la Unidad Minera Julcani



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

b. Split sets

Es un tubo ranurado a lo largo de su longitud, uno de los extremos es ahusado y el otro lleva un anillo soldado para mantener la platina.

(4) Al ser introducido el perno a presión dentro de un taladro de menor diámetro, se genera una presión radial a lo largo de toda su longitud contra las paredes del taladro, cerrando parcialmente la ranura durante este proceso (4).

La fricción en el contacto con la superficie del taladro y la superficie externa del tubo ranurado constituye el anclaje, el cual se opondrá al movimiento o separación de la roca circundante al perno, logrando así indirectamente una tensión de carga. (4)

Figura N°9: Malla electrosoldada, utilizada en la Unidad Minera Julcani



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

c. Malla electrosoldada

Consiste en una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, generalmente de #10/08, con cocadas de 4"x4", construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizadas. (4) La malla viene en rollos o planchas, los rollos tienen 25m de longitud x 2.0m de ancho y las planchas usualmente tienen 3.0m de longitud x 2.0m de ancho. (4)

Figura N° 10: *Instalación de la malla electrosoldada, utilizada en la Unidad Minera Julcani*



Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de operaciones de La U.M Julcani. (4)*

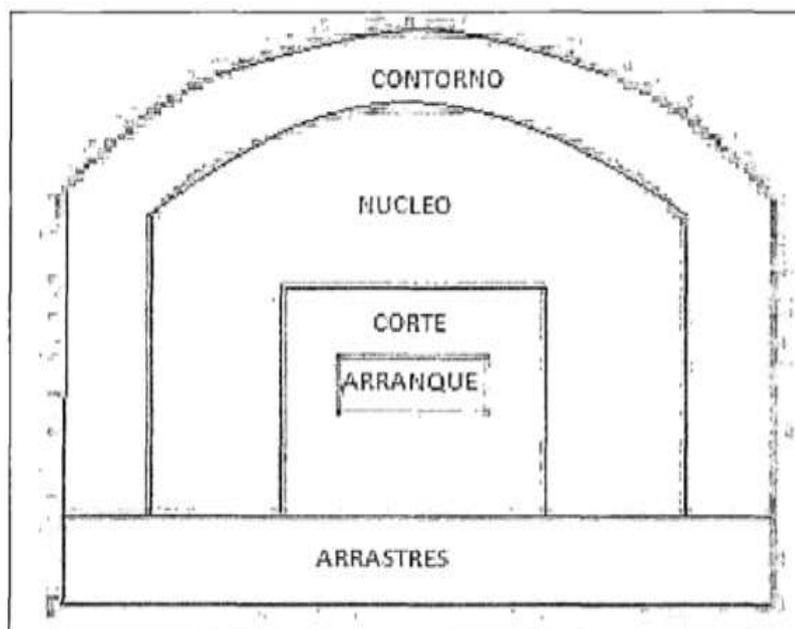
3.3 Esquema de perforación

3.3.1. Esquemas de voladura

Las voladuras en el frente subterráneo se caracterizan inicialmente por que no hay una superficie de escape libre a excepción del frente mismo. El principio de implementación depende de que la carga restante de la sección esté libre para crear agujeros utilizando el agujero inicial interrumpido. Dicho hueco tiene, generalmente, una superficie de 1 a 2m², aunque con diámetros de perforación grandes se alcanzan hasta los 4m². (5)

El núcleo es geoméricamente comparable a la explosión en banco, pero requiere de 4 a 10 veces la tasa de consumo de explosión, debido a que hay algunas áreas con efectos negativos de la gravedad, como errores de perforación, reducción del espacio entre protuberancias e inclinación alrededor del eje delantero, reducción de la coordinación entre cargas adyacentes y en el caso de los orificios de remolque. (5)

Figura N° 11: Zonas de una voladura en un frente.



Fuente: López Jimeno y otros. *Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Madrid.*

3.3.2. Tipos de perforación

- **Perforación manual**

Esto se hace utilizando los barrenos usados, para facilitar el roscado y la rotación. (7) Un ayudante sostiene el barreno, el otro se golpea con una comba y se gira en un ángulo específico para continuar el proceso de perforación. (7) Este proceso lo realiza una persona durante la extracción completa. (7)

- **Perforación neumática**

Se realiza con una perforadora ordinaria o convencional. (7) La energía del aire comprimido se utiliza para crear pequeños orificios largos equipados con chaflanes (cincales), los cuales se encargan de triturar la roca al interior del taladro, (7) con cada golpe, el taladro hace girar la roca en un círculo correspondiente al diámetro mediante la rotación automática, (7) que hace que la roca sea triturada en un círculo que corresponde a su diámetro; produciéndose así un taladro (7).

- **Perforación eléctrica**

Esto se hace con la ayuda de una fuente de alimentación suministrada por un generador (energía eléctrica), para lo cual se utiliza un taladro con un agujero en helicoidal que puede cavar un

agujero de hasta 90 cm de longitud. (7) El principal problema es fijar las brocas en su lugar. (7).

- **Perforación hidráulica**

Funciona con equipos robotizados, muy complejos con un gran acabado y rendimiento. (7) Utiliza energía hidráulica para transmitir y controlar las fuerzas y el movimiento durante la perforación. También existe un panel de control de computadora con Software de perforación que muestra las líneas de perforación requeridas. (7) La principal ventaja de esta herramienta es su excelente precisión durante la perforación. (7). Por estas razones es su querido por la minería.

3.3.3. Avance lineal

Se puede lograr teniendo en cuenta la habilidad del perforador y del paralelismo del taladro. (8) En cualquier caso, se empieza por la parte delantera y en este caso el ancho de la pieza es limitado, esto significa que la profundidad máxima del fuego que se puede alcanzar desde el frente en un solo disparo es igual al ancho de la rampa, galería, crucero, etc. (8) Esta regla se basa en la perforación tipo "cuña", o perforación en "V", (8) donde el progreso dependerá de los siguientes factores:

- **Las fracturas:** Si se evidencian fracturas al momento de realizar la perforación se puede provocar fugas de gas y al momento de realizar las voladuras, puede afectar el progreso del trabajo. Para ello, es necesario aplicar una carga antes y después de la rotura, así como medir bien la profundidad de la perforación. También ya sabemos que es deseable que los taladros estén bien cuadrados y perforados para generar estas roturas, a la vez se debe usar un tapón inerte (tacos de arcilla) para retener las fugas de gas. (8)
- **El tiempo disponible:** la eficiencia del equipo y del trabajo de excavación para completar todo el pozo a la longitud requerida son importantes. (8)

3.4 Dureza de la roca

Si la roca es demasiado dura, entonces la profundidad de los taladros será limitada, sin embargo, es necesario utilizar un explosivo de alto poder de explosión en cantidad necesaria, para lograr buenos avances. (9)

La dureza de las rocas y los minerales está determinada por su resistencia a los arañazos, cortes o diversas deformaciones (10). Hoy en día la Escala de Mohs es el método más utilizado en la medición de esta característica.

Figura N° 12: *Escala de Mohs*

CLASIFICACIÓN	DUREZA MOHS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)
Muy dura	7	200
Dura	6 a 7	120 a 200
Medio dura	4 a 6	60 a 120
Medio blanda	3 a 5	30 a 60
Blanda	2 a 3	10 a 30
Muy blanda	1 a 2	10

Fuente: *Rocas By Minerales. Minerales de la escala de Mohs (10)*

La dureza de Mohs, fue inventada por el geólogo alemán Friedrich Mohs en el año 1812, con la finalidad de establecer diferencias entre rocas y minerales a lo largo de la historia. No se trata de un mecanismo científico, pero la simplicidad que proporciona con respecto al almacenamiento y la gestión de datos ha facilitado el trabajo de campo de muchos geólogos, pero no es un mecanismo científico. (10)

3.5 Voladura subterránea

Las minas subterráneas extraen los cuerpos del mineral subterráneo, el trabajo de la excavación para las minas subterráneas está dividido en dos amplias categorías que son: desarrollo y producción. El desarrollo involucra socavar, la voladura vertical, el corte descendente, ascendente, etc. para que los cuerpos del mineral sean fácilmente accesibles y transportados después de la excavación (11). La producción, puede subdividirse en dos categorías: Los taladros cortos y largos.

3.5.1. Parámetros para el proceso de voladura.

De acuerdo con los criterios de la mecánica de rotura, la voladura de roca es un proceso tridimensional en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento (12). Donde la interpretación

a estos grupos de factores, se suelen denominar variables, parámetros o condiciones fundamentales. (12)

3.5.2. Parámetros de la roca

Son determinantes ya que los explosivos y sus métodos de aplicación deben adecuarse a las condiciones de la roca. (12) Entre ellos tenemos:

• Propiedades físicas

- a. Dureza: indica aproximadamente la dificultad de perforarla. (12)
- b. Tenacidad: indica la facilidad o dificultad de romperse bajo el efecto de fuerzas de compresión, tensión e impacto, variando entre los rangos de friable (fácil), intermedia a tenaz (difícil) (12).
- c. Densidad: indica aproximadamente entre la dificultad para volarla y varía entre 1,0 a 4,5 g/cm³ en promedio. Las rocas densas requieren también explosivos densos y rápidos para romperse. (12)
- d. Textura: trama o forma de amarre de los cristales o granos y su grado de cementación o cohesión, también está relacionada con su facilidad de rotura. (12)
- e. Porosidad: proporción de poros u oquedades y su capacidad de captar agua. (12)
- f. Variabilidad: las rocas no son homogéneas en su composición y textura, por lo tanto tienen un alto índice de anisotropía o heterogeneidad. (12)
- g. Grado de alteración: deterioro producido por efecto del intemperismo y aguas freáticas, además de fenómenos geológicos que las modifican o transforman. (12)

• Propiedades elásticas o de resistencia dinámica de las rocas

- a. Frecuencia sísmica o velocidad de propagación de las ondas sísmicas y de sonido. (12)
Velocidad con la que estas ondas atraviesan las rocas. (12)
- b. Resistencia mecánica: resistencia a las fuerzas de compresión y tensión. (12)
- c. Fricción interna: habilidad de las superficies internas para deslizarse bajo esfuerzos (rocas estratificadas) . (12)
- d. Módulo de Young: resistencia elástica a la deformación. (12)
- e. Radio de Poisson: radio de contracción transversal o extensión longitudinal del material bajo tensión. (12)

- f. Impedancia: relación de la velocidad sísmica y densidad de la roca versus la velocidad de detonación y la densidad del explosivo. Usualmente las rocas con alta frecuencia sísmica requieren explosivos de alta velocidad de detonación. (12)

3.5.3. Condiciones de la carga

a. Diámetro de la carga (diámetro del taladro)

Influye directamente sobre el rendimiento del explosivo y la amplitud de la malla de perforación. (12) Todo explosivo tiene un diámetro crítico, si están por debajo de ese diámetro, no detonan. (12)

b. Geometría de la carga

Relación entre el largo de la carga con su diámetro y el punto donde inicia, se refleja en el proceso de rompimiento y en la formación de “zonas de fracturación” en las cargas cilíndricas de los taladros de voladura. (12)

c. Grado de acoplamiento

Radio del diámetro de carga respecto al taladro. (12) El acoplamiento físico entre la carga explosiva y la roca permite la transferencia de la onda de choque entre ellas, teniendo un carácter muy significativo sobre el rompimiento. (12)

d. Grado de confinamiento

Depende del acoplamiento, del atacado; haciendo uso del taco inerte (taco de arcilla) para sellar el taladro. (12) Un confinamiento demasiado flojo determinará un pobre resultado de voladura. Por otro lado, un alto grado de confinamiento (por excesivo atacado del explosivo) puede incrementar tanto su densidad que lo puede hacer insensible a la transmisión de la onda de detonación y falla. (12)

e. Densidad de carguío (Dc)

Da la medida de llenado de un taladro. (12) En el caso de un llenado perfecto sin dejar el menor espacio desocupado tendremos por definición una densidad de carguío = 1. En general, cuando un taladro se llena al X% de su espacio ocupado por explosivo tendremos $Dc = 0,92$. (12).

f. Distribución de carga en el taladro

La carga explosiva puede ser de un solo tipo en todo el taladro (carga única) o tener primero el explosivo más denso y potente (carga de fondo) y luego el explosivo menos denso (carga de

columna), también pueden ser varias cargas de igual o distinto tipo separadas entre sí por material inerte (cargas espaciadas o decks) (12).

g. Tipo y ubicación del cebo

Puede emplearse el cebo único, el cebado múltiple (dos o más en rosario en la misma columna de carga o una en cada deck en cargas espaciadas) y el cebado longitudinal, axial, este generalmente con cordón detonante. (12)

h. Distribución de energía en cal/t de roca

La energía aplicada sobre la roca dependerá de la distribución de la carga en el taladro, de la densidad del carguío, del punto de iniciación y del tipo de explosivo utilizado, mientras que el consumo útil de energía está vinculado al confinamiento y tiempo de duración del proceso de rotura antes de que los gases se disipen en el ambiente.

i. Intervalos de iniciación de las cargas (timing)

Los taladros deben ser disparados manteniendo una secuencia ordenada y correcta para crear cargas libres necesarias para la salida de cada taladro, lo que se logra con los detonadores de retardo o con métodos de encendido convencional escalonados. (12)

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales

Los enfoques de las actividades profesionales son:

- Realizar informes diarios de los resultados en perforación y voladura en frentes de avance.
- Análisis y procesamiento de datos referente a la perforación y voladura.
- Seguimiento y cumplimiento de la programación diaria, semanal y mensual de producción.
- Analizar y mejorar los resultados de la perforación y voladura de los frentes de avance en la Unidad Minera Julcani.

4.1.2 Alcance de las actividades profesionales

- Las actividades a realizar fueron verificar trabajos y procedimientos de voladuras, tanto en el diseño de la malla, así como la determinación de factores de cargas.
- Capacitar y orientar al personal obrero para el proyecto en las tareas que van a realizar durante la guardia.

4.1.3 Entregables de las actividades profesionales

Los entregables de las actividades son:

a. Informe diario de la supervisión de los trabajos de desarrollos en perforación y voladura de los frentes de avance de la Unidad Minera Julcani.

- **Informe del disparo anillado del turno día, el 23 de julio de 2021.**

En el nivel VN_232-SW (Veta-Yamila Nv 610), se evidenció disparo anillado del turno día, el 23 de julio de 2021.

En la siguiente figura se muestra el resultado de la voladura y el taladro anillado en el frente.

Figura N° 13: *Resultado de la voladura y el taladro anillado en el frente.*



Fuente: *Propia.*

La evaluación implica desarrollar el problema, causas y consecuencias que conlleva un disparo anillado en los frentes de avance de la Unidad Minera Julcani

Tabla N° 4: Análisis de causas y efecto del disparo anillado

<p>✓ <u>Disparo Anillado</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Causa: Por falta de paralelismo en los taladros (desviaciones en el paralelismo).  <ul style="list-style-type: none"> ❖ Por falta de carga de explosiva en la columna del taladro. ❖ Por no usar los tacos de arcilla (ya que hacen el efecto de reten de los gases de rotura en elevadas temperaturas del explosivo). ❖ Efecto: En la guardia noche solo se realizó la limpieza de la carga de la parte que salió del disparo, y a final de guardia de recargo los taladros anillados. ❖ Se perdió el avance de la guardia (1.5 mts). ❖ Consumo de explosivo.
<p>✓ <u>Evaluación Geomecánica (Roca Tipo III)</u></p> 	

Fuente: *propia*

En la siguiente tabla se muestra la distribución de carga y datos técnicos de los taladros perforados.

Tabla N° 5: Distribución de carga y datos técnicos

DISTRIBUCION DE CARGA Y DATOS TECNICOS									
TALADROS	N° Taladros Cargados	Emulnor 5000	Emulnor 1000	Emulnor 3000	Total Cartuchos por tal.	Emulnor 5000	Emulnor 1000	Emulnor 3000	Tipo de Explosivos
		1 1/4 * 12"	1" x 7"	1" * 8"		1 1/4 * 12"	1" x 7"	1" * 8"	
Cartucho por Taladro					Und.	N° Cartucho por Grupo			Und.
Arranque	4	1		7	8	4		28	und
1ra ayuda	4			7	7	0		28	und
2da ayuda	4			6	6	0		24	und
3ra ayuda	4			6	6	0		24	und
Ayuda corona	3			6	6	0		18	und
Hastiales	4			6	6	0		24	und
Corona	5		4	1	1	0	20	5	und
Arrastres	4			7	7	0		28	und
Total	32					4	20	179	N° Cart.
Total Taladros	41								
						1.06	1.89	19.63	Kg
						kilos de explosivos		22.58	kg / disp.

DATOS				FACTORES TEÓRICOS			
Tipo de roca	IIIB			Volumen roto	m ³		9.79
Densidad de roca		gr/cm ³	2.70	Tonelaje roto	t		26.44
Ancho de la sección		m	2.40	Factor de carga	kg/t		0.96
Alto de la sección		m	2.40	Factor de avance	kg/t		14.95
Sección		m ²	5.76	FACTORES REALES			
N° taladros cargados		tal.	32	Volumen roto	m ³		9.22
N° taladros alivio		tal.	5	Tonelaje roto	t		24.88
Diámetro de taladro		mm	38	Factor de carga	kg/t		2.76
Long. Taladro		m	1.70	Factor de avance	kg/m		15.88
Avance efectivo		m	1.60	RESULTADOS DE LA POST VOLADURA			
CONSUMO DE EXPLOSIVOS - ACCESORIOS				Avance promedio	m		1.40
Emulnor 3000 1" x 8"		kg	16.34	Avance	%		82.35
Emulnor 5000 1 ¼ x 12"		kg	7.18	Ancho de la sección	m		2.60
Emulnor 1000 1" x 7"		kg	1.89	Alta de la sección	m		2.58
Total Explosivo		kg	25.41	Sobrerotura	%		16.46%
Cordón Detonante		m		Toneladas rotas	t		25.36
Exanel 2.8 m		und.		Factor de potencia	kg/t		1.00
Mecha rápida		m	20	Factor de carga	kg/m ³		2.71
Carmex		und.	32	Factor de carga	kg/m		18.15

Fuente: Área de operaciones Unidad Minera Julcani

Interpretación: Los resultados de los indicadores de perforación y voladura, son los siguientes:

- Se tiene un avance por disparo de 1.40 metros con una eficiencia por disparo de 82.35 %.
- El tonelaje roto por disparo es 25.36 toneladas.
- El factor de potencia es de 1.00 kg/ton.
- El factor de carga es de 18.15 kg/m
- Sobre - rotura > al 10 % (16.46 %)

En la tabla anterior se muestra un derroche de explosivos en la Unidad Minera Julcani, se realizó un seguimiento de la perforación y voladura en el VN 324 SE, Nivel 710 - Veta Yanela y las demás labores contiguas del mismo nivel, encontrándose las siguientes observaciones:

- No se detalla la cantidad de explosivo utilizado por cada disparo efectuado.
- Los restos de explosivos y accesorios se dejan en el almacén del nivel 710, sin tener en cuenta las medidas preventivas.
- No existe una coordinación imperativa entre los supervisores y el Jefe de Guardia para utilizar los restos de explosivos y optimizar el retiro de explosivos del polvorín, lo que provoca un despilfarro y un aumento de los indicadores de consumo que se realizan a través de los vales de salida de los polvorines.

1. Evaluación de las deficiencias en los frentes de avance

Las deficiencias en los disparos de los frentes de avance, son los siguientes:

En la perforación:

- La falta de marca de sección y gradiente en las labores de explotación hace que los taladros no tengan paralelismo, por lo tanto, persiste la sobre - excavación.
- Se implementaron los Guiadores llevándolos a la obra sin prohibición, ya que no lo usan de manera adecuada durante la perforación.
- El operador realiza la perforación de acuerdo a su criterio, sin considerar la condición del terreno.
- La distribución de taladros se mejoró por la predisposición del operador contratado por la Unidad Minera Julcani.

- No se colocan tubos de PVC en los taladros perforados, por realizar apresuradamente las actividades.
- Falta de liderazgo en la implementación de mejora del proceso, así como orden y lineamientos claros para la búsqueda de mejora.
- Solo se realizan los taladros de alivio cuando se indica la necesidad y por el tipo de roca.
- Falta establecer los estándares de perforación y uniformizar criterios que permitan controlar la sección de la obra y minimizar la sobre-excavación.

En la voladura:

- Hay una variedad de explosivos utilizados en el trabajo, por ejemplo: Emulnor 1000 de 1 "x7", Emulnor 3000 de 1 "x 8", Emulnor 5000 de 1 1/4 x 12", en función al diámetro y longitud perforado por los taladros, en los frentes de avance.
- Utilización deficiente de explosivos, haciendo un corte longitudinal por la ausencia de explosivos de medida más modesta al utilizar tubos de PVC.
- No hay suficientes cucharas metálicas para limpiar la abertura de la perforación.
- El vale de explosivos no coincide con la cantidad de la carga utilizada en los frentes de apilamiento.
- Hay explosivos extra que deben ser considerados en el informe realizado por los jefes de guardia para no carecer de informes.
- Deficiente llenado de los vales de explosivos por los bodegueros, por falta de capacitación de los estándares de malla de perforación y de la cartilla de distribución de carga explosiva.
- Falta de capacitación a los líderes de las labores en cuanto a los estándares de malla de perforación.
- No se cuenta con los atacadores de tubos de PVC, en los frentes de avance.
- No hay suficientes cucharillas metálicas para limpiar los taladros.
- No se cuentan con los tacos de arcilla en los frentes de avance
- El vale de explosivos no coincide con la cantidad de carga utilizada en los frentes de avance.

4.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

4.2.1 Metodologías

La metodología de control es en base al formato de recolección de datos de campo en el área de operaciones de las actividades de perforación y voladura.

Se tiene el formato de control de la perforación y voladura como se muestra a continuación.

1.Formatos de control

Para la recolección de datos de las operaciones unitarias de la mina se planteó el uso de formularios para ingreso diario de la información. Estos formularios fueron definidos teniendo en cuenta los indicadores e información pertinente requerida para ordenar y clasificar la información.

- **Formato de perforación**

Con este formato se busca medir el tipo de labor, los parámetros de roca, la sección de la labor, así como las características del equipo de perforación, diámetro de broca y la longitud de perforación.

Por otro lado, mide las condiciones del diseño de perforación como es el espaciamiento, burden y los números de taladros perforados y taladros de alivio.

En lo que respecta a tiempos; permite medir el tiempo efectivo de perforación, las demoras operativas y el tiempo total de perforación.

Finalmente, se obtienen las ratios de eficiencia, teniendo entre los principales los siguientes: taladros/hora, metros perforados/hora (sobre el tiempo total, permitiendo medir la incidencia de los tiempos muertos (no operativos) sobre el rendimiento de la perforación), toneladas/metro perforado (para el caso de explotación), pies perforados/metro de avance (permite medir la performance del equipo de perforación). En la siguiente tabla se muestra el formato de perforación utilizada en la Unidad Minera Julcani.

- **Formato de voladura**

Con este formato se busca medir los kilogramos de explosivos en el iniciador y en la columna, así como los accesorios de voladura. En cuanto a los tiempos, permite medir los tiempos de cebado y carguío de los taladros.

Finalmente, se obtienen las ratios de eficiencia como son: eficiencia por disparo, densidad de carga (permite medir la distribución de carga explosiva en los taladros), factor de potencia (mide los kilogramos por cada m³ o tonelada), factor de avance lineal (mide los kilogramos por cada metro de avance y es utilizado para avances). En la siguiente tabla, se muestra el formato de perforación utilizado en la Unidad Minera Julcani.

Tabla N° 7: Formato de control de los trabajos de voladura.

PESOS DE LOS EXPLOSIVOS		
Descripcion	Peso	Unidad
Emulnor 5000 (1 1/4 pulg x 12 pulg)	0.285957447	Kg
Emulnor 3000 (1 Pulg x 8 Pulg)	0.109649123	Kg
Emulnor 1000 (1 Pulg x 7 Pulg)	0.094696970	Kg
DISTRIBUCION DE CARGA		
Descripcion	Explosivo	Cantidad/ Tald.
Arranque	Emulnor 5000 (1 1/4Pulg x 12 Pulg.) Emulnor 3000 (1 Pulg x 8 Pulg.)	
Ayudas	Emulnor 5000 (1 1/4Pulg x 12 Pulg.) Emulnor 3000 (1 Pulg x 8 Pulg.)	
Cuadradores	Emulnor 5000 (1 1/4Pulg x 12 Pulg.) Emulnor 3000 (1 Pulg x 8 Pulg.)	
Corona	Emulnor 3000 (1 pulg x 8 pulg) Emulnor 1000 (1 Pulg x 7 Pulg.)	
Arrastre	Emulnor 5000 (1 1/4Pulg x 12 Pulg.) Emulnor 3000 (1 Pulg x 8 Pulg.)	
CALCULOS DE KG DE EXPLOSIVO TOTAL		
Descripcion	cantidad taladros	KG
Arranque		000
Ayudas		000
Cuadradores		000
Corona		000
Arrastre		000
Total	0	0,000
CALCULOS DE MATERIAL ROTO		
Descripcion	cantidad	Unidad
VOLUMEN ROTO	0	m
TMH ROTO	0	m
Long. Taio (ala)	0	m
VOLUMEN ROTO	0.00 m3	
MATERIAL ROTO	0.00 tmh	

Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.2 Técnicas

La recolección de datos en campo in situ mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales del área de operaciones en los trabajos de perforación y voladura.

Para la recolección de datos de perforación y voladura, informes diarios, informes mensuales y anuales, se utilizaron: tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop para el procesamiento de los datos.

4.2.3 Instrumentos

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: un cuaderno de notas, planos, reporte de operaciones de perforación y voladura de la Unidad Minera Julcani.

- Informes
- Publicaciones
- Tesis
- Planos
- Fichas
- Libros
- Internet
- PC

4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Para los trabajos de perforación y voladura se utilizarán los siguientes equipos y materiales:

1. Equipos

- Equipo manual Jack leg para los trabajos de la perforación.
- Pala neumática para los trabajos de limpieza.
- Scooptram eléctrico para los trabajos de limpieza.

2. Herramientas y materiales

- Juegos de barrenos: se pueden encontrar de 2", 4", 6" y 8".
- Barretillas: utilizadas para el desatado, estas vienen de diferentes tamaños dependiendo del tamaño de la sección. Se pueden encontrar de 4', 6', 8' y 10'.
- Plataforma de perforación: utilizada para perforar taladros a una altura mayor de la que se pueda trabajar.
- Juego de llaves Stylson: utilizadas para ajustar o desajustar las diferentes máquinas presentes y que intervengan en la actividad

(Ajustan o desajustan las válvulas de aire y agua que llegan hacia la pala o JackLeg).

- Saca barrenos: utilizada para ajustar o aflojar los barrenos que tienden a atascarse en los taladros debido a la percusión por la JackLeg.
- Cucharillas: utilizadas para retirar todo el detrito y/o pequeña carga dentro del taladro.
- Chaira: utilizada para poder rajar los cartuchos de dinamita y lograr una mayor fuerza de choque.
- Punzón: para cebar los cartuchos de dinamita.
- Atacadores: para confinar las dinamitas dentro del taladro y eliminar espacios.
- Pico y lampa: herramientas que tienen diferentes usos, desde la limpieza de mineral hasta la realización de cunetas.
- Comba y punta: herramientas utilizadas para la colocación de elementos de sostenimiento como puntales de seguridad.
- Explosivos Emulnor 1000 1'x 8', Emulnor 3000 1'x7' y Emulnor de 5000 1 1/4'x12'.
- Accesorios de voladura: se utilizan armadas con fulminante, mecha rápida Z 18, carmex 7' y pentacord 3P.

4.3 EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.3.1 Cronograma de actividades realizadas.

En la siguiente tabla se muestra el cronograma de trabajo en la capacitación de seguridad en los trabajos de perforación y voladura de la unidad minera Julcani.

Tabla N° 8: *Cronograma de capacitación de los trabajos de perforación y voladura unidad Minera Julcani*

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN 2020							
ITEM	TEMA DE CAPACITACIÓN	3/01/2020	10/01/2020	17/01/2020	24/01/2020	31/01/2020	7/02/2020
1	PERFORACIÓN MANUAL	Efrain Quispe	Miguel Trinidad				
2	VOLADURA DE ROCAS			Efrain Quispe	Miguel Trinidad		
3	VOLADURA CONTROLADA					Efrain Quispe	Miguel Trinidad

Fuente: *Elaboracion Propia*

En la siguiente figura se muestra el registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura.

Figura N° 15: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura A.

COPSEM		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA				
N° REGISTRO:		DATOS DEL EMPLEADOR:		V1		
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL:		R.U.C.:	DIRECCIÓN (Dirección, Calle, Departamento, Provincia):	ACTIVIDAD ECONÓMICA:	N° TRABAJADORES (CENSO LABORAL):	
E.C.M. CONSTRUCTORES DE PISOS Y SERVICIOS MENORES S.R.L.		20489322321	Jr. Huascar N° 2923 - Depto. S01 Zona Maica - Lima	MINERÍA		
<input type="checkbox"/> INDUCCIÓN		<input type="checkbox"/> CAPACITACIÓN		<input type="checkbox"/> ENTRENAMIENTO		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> SIMULACRO DE EMERGENCIA		
Fecha: 08-12-12		Hora de Inicio: 7:30 AM		Hora de Salida: 8:30 AM		
Instructor: Miguel Trinidad C.		Firma: [Firma]		Lugar: Subo de Apurto		
Tema: Voladura controlada				No 610		
ASISTENTES						
N°	Nombres y Apellidos	DNI	ÁREA	EMPRESA	FIRMA	OBSERVACIÓN
1	Pedro Aguilar	470000	1260	Copam	[Firma]	
2	Emmanuel Juan Chavez	4000000	1260	Copam	[Firma]	
3	David James Huilca	4149570	1260	Copam	[Firma]	
4	Donato Joran Casar	2940000	1260	Copam	[Firma]	
5	Eulalia Soledad de Casar	2940000	1260	Copam	[Firma]	
6	Alejandra Casar	4000000	1260	Copam	[Firma]	
7	Victor A. Pizarro	4000000	1260	Copam	[Firma]	
8	Fredy Humberto Setto	7100000	1260	12	[Firma]	
9	Roberto Humberto Huaman	7000000	1260	12	[Firma]	
10	Angel Jaime Jara	4000000	1260	12	[Firma]	
11	Fabian Mora Moreno	4100000	1260	Copam	[Firma]	
12	Jorge Mestrez	4000000	1260	12	[Firma]	
13	Rosa Tania Pardo	4000000	1260	12	[Firma]	
14	Juan Pedro Pardo	4100000	1260	12	[Firma]	
15	Freddy Cesar Sanchez	7000000	1260	12	[Firma]	
16	Fernando Calderon Cepi	4000000	1260	12	[Firma]	
17	Walter Chirca J.	4000000	1260	12	[Firma]	
18	Delfin Perez	4100000	1260	12	[Firma]	
19	Jorge Pardo	4000000	1260	12	[Firma]	
20	William Espinoza	4100000	1260	12	[Firma]	
21	Emerson Oscar Tapia	7000000	1260	Copam	[Firma]	
22	Andrés Salazar	4000000	1260	12	[Firma]	
23	Walter Tavares	4000000	1260	12	[Firma]	
24	Osvaldo Casar	4000000	1260	12	[Firma]	
25	Florencia Sotomayor	7000000	1260	12	[Firma]	
26	David Miguel Sotomayor	4000000	1260	12	[Firma]	
27	David Ulloa	4000000	1260	12	[Firma]	
28						
29						
30						
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
Nombre: Miguel Trinidad C.				Fecha: 08-12-12		
Cargo: Asistente de perforación y voladura				Firma: [Firma]		

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 16: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura B.

COPSEM REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS
 TP-COB-SE-10.01-01

N° REGISTRO: [] DATOS DEL EMPLEADOR:

Razón Social o Denominación Social	N.C.E.	SURCULO (Escriba: Sucursal, Explotación, Proveedor)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	N° TRABAJADOR CENTRO LABORAL
E.C.M. CONSTRUCTORES DE PISOS Y SERVICIOS MENORES E.I.R.L.	204833323671	en: Número N° 2020 - Dpto. 101 Año: 19910 - Lima	MINERIA	

INDUCCIÓN CAPACITACIÓN ENTRENAMIENTO SIMULACRO DE EMERGENCIA

Fecha: 07-12-19 Hora de Inicio: 7:30 AM Hora de Salida: 8:30 AM Hora: []
 Instructor: Miguel Trinidad C. Firma: [Firma] Lugar: Subo de repetido No 660

Tema: Perforación manual

ASISTENTES

N°	Nombres y Apellidos	ONI	ÁREA	EMPRESA	FIRMA	OBSERVACIÓN
1	Edgar Huicho Zúñiga	4172832	I	I	[Firma]	
2	Juan Carlos Chacabarro	4146633	II	II	[Firma]	
3	Santiago José López	9122942	MINA	COPSEM	[Firma]	
4	Teodoro Pérez Utrilla	7224472	MINA	COPSEM	[Firma]	
5	Roberto Huicho Lima	4121674	MINA	COPSEM	[Firma]	
6	Hector Vargas Delgado	4048780	MINA	COPSEM	[Firma]	
7	Rubén Zúñiga	27212	II	II	[Firma]	
8	César Puri	7126450	II	II	[Firma]	
9	Franklin Caba Lazo	7126521	II	II	[Firma]	
10	Roberto Rodríguez	4029900	II	II	[Firma]	
11	Dr. del Agua Salado	4029900	II	II	[Firma]	
12	Javier Solano Utrilla	4122874	MINA	COPSEM	[Firma]	
13	Héctor Hualpa Tapo	4029900	II	II	[Firma]	
14	Fredy Urbina Cristóbal	7097670	MINA	COPSEM	[Firma]	
15	Wilber Utrilla Tapas	4122874	MINA	COPSEM	[Firma]	
16	Germán Cerro Vargas	4122874	MINA	COPSEM	[Firma]	
17	Bent. Jorge Guzmán	4029900	MINA	COPSEM	[Firma]	
18	Leoncio Cabello Candia	0501232	MINA	COPSEM	[Firma]	
19	Erasmio Mejía Jaime Pérez				[Firma]	
20	Juan Luis Vargas	4029900	MINA	COPSEM	[Firma]	
21	Paolo Cristóbal Vargas	4029900	MINA	COPSEM	[Firma]	
22	Emiliano Vargas	4029900	MINA	COPSEM	[Firma]	
23	Gabriel Solano de Lazo	7126521	II	II	[Firma]	
24	Valente Sotoca Tapas	4122874	MINA	COPSEM	[Firma]	
25	José Solano Sotoca Tapas	4122874	MINA	COPSEM	[Firma]	
26	Wilber Luis Solano	4122874	II	II	[Firma]	
27						
28						
29						
30						

RESPONSABLE DEL REGISTRO

Nombre: Miguel Trinidad Cordero Fecha: 07-12-19
 Cargo: Subtítulo de perforación y voladura Firma: [Firma]

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 17: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura C.

COPSEM		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA FR-COR-96-10.01-01			V1	
N° REGISTRO:		DATOS DEL EMPLEADOR:				
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	R.U.C.	SOMOSILE Dirección, Estado, Inscripción, Provincia	ACTIVIDAD ECONÓMICA	N° TRABAJADORES CENTRO LABORAL		
E.C.W. CONSTRUCTORES DE INGRES Y SERVICIOS MINEROS S.R.L.	304883333021	Jr. Hualdear N° 2029 - Depto. 901 Jesús María - Lima	MINERÍA			
<input type="checkbox"/> INDUCCIÓN <input type="checkbox"/> CAPACITACIÓN <input type="checkbox"/> ENTRENAMIENTO <input type="checkbox"/> SIMULACRO DE EMERGENCIA						
Fecha: 06-12-19		Hora de inicio: 7:30 PM	Hora de término: 8:30 AM	3 Horas		
Instrucción: Miguel Trinidad E.		Firma: [Firma]	Lugar: Sala de reporto			
Tema: Manipulación de los explosivos y ocurrencia de voladura						
ASISTENTES						
N°	Nombres y Apellidos	DNI	ÁREA	EMPRESA	FIRMA	OBSERVACIÓN
1	Victoriano Humero Chacabarro V.	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
2	David Malgor Soriano	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
3	Donato Alcazar G.	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
4	Abel Huilca IT	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
5	Felix Lima Huancha	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
6	Gerardo Alvarez Mesa	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
7	Josue Valdes Hernandez	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
8	Tito Lopez Salazar	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
9	Alan Amparo	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
10	Cecilio Salazar Perez	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
11	Freddy Sanchez Mesa	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
12	Manuel Dela Cruz	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
13	Esteban Tanguera Lopez	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
14	Fred Vargas Lopez	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
15	Jorge Rojas Ch	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
16	Filomena Ayala Quispe	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
17	José Luis Quila T	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
18	Hilario Leon de	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
19	Vasquez Chacabarro E	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
20	Diana Pineda Salazar	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
21	Miguel Salazar Salazar	41204444	MINA	COPSEM	[Firma]	
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
RESPONSABLE DEL REGISTRO:						
Nombre: Miguel Trinidad - Lantano			Fecha: 06-12-19			
Cargo: Asistente de perforación y voladura			Firma: [Firma]			

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 18: Registro de capacitación de los trabajadores de perforación y voladura D.

COPSEM		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA			VI	
N° REGISTRO		DATOS DEL EMPLEADO				
NACIÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	R.U.C.	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA	N° TRABAJADORES CENTRO LABORAL		
E.C.M. CONSTRUCTORES DE PQUES Y SERVICIOS MINEROS E.I.R.L.	20488323821	Jr. Huáscar N° 2025 - Depto. 3021 Jenica - Puno - Lima	MINERÍA			
<input type="checkbox"/> INDUCCIÓN	<input type="checkbox"/> CAPACITACIÓN	<input type="checkbox"/> ENTRENAMIENTO	<input type="checkbox"/> SIMULACRO DE EMERGENCIA			
Fecha: 05-12-19	Hora de Inicio: 7:30 AM	Hora de Término: 8:30 AM	<input checked="" type="checkbox"/> Horas			
Instructor: Miguel Trinidad C.	Titular: [Firma]	Lugar: Sala de reporto				
Tema: Impersonación del Mercado de Trabajo de perforación en PUNO						
ASISTENTES						
N°	Nombres y Apellidos	DNI	ÁREA	EMPRESA	FIRMA	OBSERVACIÓN
1	Scoduro Perez Unzu	72284003	MINA	COPSEM	[Firma]	
2	Toni Cova Uchacabac Lima	42459202	MINA	COPSEM	[Firma]	
3	Jordano Pared Lopez	7219794	MINA	COPSEM	[Firma]	
4	Roberto Huicho Lima	4055056	MINA	COPSEM	[Firma]	
5	Pablo Stefanoni Espinoza	4026551	MINA	COPSEM	[Firma]	
6	Efraim pari Choque	7204280	MINA	COPSEM	[Firma]	
7	Hector Holguin T.	4055015	II	II	[Firma]	
8	Gerardo Cordero Vargas	7204281	II	II	[Firma]	
9	Javier Sotelo unzu	4055014	II	II	[Firma]	
10	Silvia Cortez Sotomayor Taira	4055009	II	II	[Firma]	
11	Pablo Cordero Vargas	4055015	II	II	[Firma]	
12	Gerardo Silvestre Holguin	4055015	II	II	[Firma]	
13	Yago Uchacabac Zedeno	4310453	II	II	[Firma]	
14	Fredy Uchacabac C.	4055015	II	II	[Firma]	
15	Edgar Huicho Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
16	Alvaro Sotomayor unzu	4055014	II	II	[Firma]	
17	Leoncio Cuelata Cordero	4055014	MINA	COPSEM	[Firma]	
18	Pablo Espinoza Sotomayor	4310453	II	II	[Firma]	
19	Hector Vargas Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
20	P. Jairo Sotomayor unzu	4055014	II	COPSEM	[Firma]	
21	Bertha Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
22	Emiliano Vargas Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
23	Josue Lopez Cordero	4055014	II	II	[Firma]	
24	Emerson Huicho Taira	4055014	II	II	[Firma]	
25	Abel Sotomayor Cordero	4055014	MINA	COPSEM	[Firma]	
26	Valentín Sotomayor Ferrer	4055014	MINA	COPSEM	[Firma]	
27	Walter Luis Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
28	Franco Cordero Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
29	Walter Huicho Sotomayor	4055014	II	II	[Firma]	
30	Juanito Sotomayor unzu	4055014	II	II	[Firma]	
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
Nombre: Miguel Trinidad Cordero				Fecha: 05-12-19		
Cargo: Asistente de perforación y voladura				Firma: [Firma]		

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.

El cronograma de los trabajos diarios realizados en la unidad Minera Julcani se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 19: cronograma de los trabajos diarios realizados en la unidad Minera Julcani

N°	ACTIVIDAD	TIEMPO		TIEMPO TOTAL (hora)	CALIFICACION
		INICIO	FIN		
1	Ingreso a mina y trasaldo (calesa) al pique 487	07:00:00	07:10:00	00:10:00	OP. INDIRECTAS
2	Espera en el pique	07:10:00	07:22:00	00:12:00	OP. INDIRECTAS
3	Transporte por pique al NV 610	07:22:00	07:25:00	00:03:00	OP. INDIRECTAS
4	Caminata del pique al comedor NV 610	07:25:00	07:32:00	00:07:00	OP. INDIRECTAS
6	Espera en el comedor	07:32:00	07:37:00	00:05:00	INOPERATIVOS
7	Capacitacion (Uso de Escalera) y reparto	07:37:00	08:03:00	00:26:00	OP. INDIRECTAS
8	Traslado del comedor al tajo 468 - 16	08:03:00	08:11:00	00:08:00	OP. INDIRECTAS
9	Ventilacion y Regado de carga	08:11:00	08:22:00	00:11:00	OP. INDIRECTAS
10	Llenado de IPERC	08:22:00	09:06:00	00:44:00	OP. INDIRECTAS
11	Desatado de rocas	09:06:00	09:35:00	00:29:00	OP. INDIRECTAS
12	Supervision de Ingeniero	09:35:00	09:38:00	00:03:00	OP. INDIRECTAS
13	Desatado de rocas	09:38:00	09:58:00	00:20:00	OP. INDIRECTAS
14	Colocacion de puntales	09:58:00	10:45:00	00:47:00	OP. DIRECTAS
15	Supervision de Ingeniero Exsa y Geomecanica	10:45:00	11:14:00	00:29:00	OP. INDIRECTAS
16	Supervision (Serminas)	11:14:00	11:57:00	00:43:00	OP. INDIRECTAS
17	Colocacion de puntales	11:57:00	12:18:00	00:21:00	OP. DIRECTAS
18	Traslado al comedor (NV 610)	12:18:00	12:25:00	00:07:00	OP. INDIRECTAS
19	Refrigerio o Almuerzo	12:25:00	13:25:00	01:00:00	OP. INDIRECTAS
20	Retorno a la labor Tajo 468 - 16	13:25:00	13:32:00	00:07:00	OP. INDIRECTAS
21	Descanso	13:32:00	13:50:00	00:18:00	INOPERATIVOS
22	Reinicio de labores (desatado de rocas)	13:50:00	14:00:00	00:10:00	OP. DIRECTAS
23	Limpieza a la entrada	14:00:00	14:40:00	00:40:00	OP. INDIRECTAS
24	Instalacion de la perforadora para Sostenimeinto	14:40:00	14:56:00	00:16:00	OP. DIRECTAS
25	Sostenimiento con Spleet Set de 4pies y perforacion de 5pies	14:56:00	15:44:00	00:48:00	OP. DIRECTAS
26	Desinstalacion del equipo	15:44:00	16:03:00	00:19:00	OP. INDIRECTAS
27	Orden de herramientas	16:03:00	16:10:00	00:07:00	OP. INDIRECTAS
28	Traslado de labor tajo 468 - 16 a pique 487	16:10:00	16:12:00	00:02:00	OP. INDIRECTAS
29	Espera en el pique	16:12:00	16:30:00	00:18:00	OP. INDIRECTAS
30	Transporte del pique al NV 420	16:30:00	16:33:00	00:03:00	OP. INDIRECTAS
31	Salida	16:33:00	17:00:00	00:27:00	OP. INDIRECTAS
TOTAL				10:00	

Fuente: *Elaboración Propia*

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

5.1.1 Desarrollo del modelo matemático de Roger Holmberg para mejorar los parámetros de perforación y voladura en los frentes de avance, Unidad Minera Julcani.

Para el desarrollo del modelo matemático de Roger Holmberg, se tuvo en cuenta los siguientes parámetros para el diseño.

Tabla N° 9: *Parámetros de diseño*

Parámetros de la labor	
Tipo de Sección	TÚNEL
A Ancho (m.)	2.40
H Altura (m.)	2.40
r - Radio de arco (m)	1.20
Parámetros de la Roca	
ρ_r (gr./cm ³)	2.7
RMR	50
GSI	50
RQD %	50
Parámetros de Perforación	
Efec. Perforación %	92%
Long. Barras (pies)	8
$\phi 1$ broca (mm.)	38
D. empate $\alpha 1$ (m)	0.02
D. angular $\alpha 2$ (m/m)	0.01
γ°	3
N° de TH	5

Fuente: *Elaboración propia.*

Interpretación:

- **Parámetros de la labor:** los frentes de avance mayormente son de sección de 2.40 x 2.40 m y el radio de arco (m) es de 1.20, también llamado radio de curvatura del techo.

- **Parámetros de la roca:** el tipo de roca a trabajar en la unidad minera Julcani es una roca regular con RMR de 50, GSI 50, RQD % de 50 y la densidad de la roca (ρ_r) es de 2.7 gr./cm³.

- **Parámetros de la perforación:** una eficiencia de perforación del 92%, longitud de barra se plantea una barra de 8 pies con broca de 38 mm, la desviación de empaque o error de emboquille (D. empate α_1 (m)) es de 0.02 m, la desviación de la perforación o desviación angular (D. angular α_2 (m/m)) es de 0.01, el ángulo del taladro de contorno (Y) es de 3 grados y por último el número de taladros de alivio (N° de TH) son 5 taladros de alivio.

Una vez obtenido los datos para el desarrollo del modelo matemático de Roger Holmberg, se realizan los respectivos cálculos generales de la malla de perforación y voladura.

Tabla N° 10: Cálculos generales del diseño de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Cálculos de la sección	
Área Secc. (m ²)	5.14
Perímetro (m)	10.97
Volumen (m ³)	11.54
Constante de roca "c" - LANGERFORS	
Donde CE =	0.357
$CE = \frac{0,56 \times \rho_r \times \tan\left(\frac{GSI + 15}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3,3}}}$	
c (kg/m³)	0.319
Perforación Óptima "H" - Holmberg	
DTH (m)	-
DTH Ficticio(m)	0.085
Φ eq. (m)	0.085
l (m)	2.24
F =	0.042
H (m)	2.76

Fuente: *Elaboración propia.*

Interpretación:

- **Cálculo de la sección:** de la tabla se puede apreciar el área de la sección es de 5.14 m², con un perímetro de 10.97 m y el volumen es de 11.54 m³.

- **Cálculo de la constante de la roca “C” - LANGERFORS:** el consumo específico del explosivo modificado por ASH se tiene 0.357 kg/m³, esto por fórmula como se muestra en la tabla anterior nos da el valor de la constante de la roca C de 0.319 kg/m³ respectivamente.
- **Perforación óptima “H” - Holmberg:** el diámetro del taladro ficticio (DTH Ficticio(m)) es de 0.085 metros, el diámetro de taladro equivalente es un análogo al fusionar todos los taladros de alivio lo cual se tiene 0.085 metros, para el avance efectivo por disparo (I) se tiene 2.24 metros con un error de perforación (F) de 0.042 y por último la longitud de perforación óptimo según el modelo matemático de Roger Holmberg ($H(m) = 0.15 + 34.12 \times (\phi \text{ equivalente}) - 39.4 \times (\phi \text{ equivalente})^2$) según el cálculo se obtiene 2.76 metros y cumple el parámetro de $I(m) < H(m)$.

5.1.2 Desarrollo de la división de la labor en 5 sección por el modelo matemático de Roger Holmberg

Con los resultados obtenidos, procederemos a calcular la división de la labor a perforar, como sabemos el modelo matemático de Roger Holmberg divide el frente de una labor en 5 secciones: el arranque (cut), cuadrantes, taladros de ayuda, taladros de contorno y taladros de arrastre.

a. Sección A - Arranque O (Cut)

Según el modelo matemático a continuación se muestra el arranque del diseño de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Tabla N° 3: Cálculo del diseño de arranque

Explosivo	q ₀ (Kg/m)	Long. Cart. (m)	B _{e-máx.} (m)	B _p (m)	A h ₀ (m)	N (c./tal)	N Tal.
Emulnor 5000 1" X 8"	0.59	0.2032	0.13	0.05	0.18	10.00	4

Fuente: *Elaboración propia.*

b. Sección B – Cuadrantes

Según el modelo matemático, a continuación, se muestra el diseño de los cuadrantes de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Tabla N° 4: Cálculo de los cuadrantes

	Explosivo	RWS	q (Kg/m)	Long. Cart. (m)	Long. $X_i = X_j$	Bi (m)	Bip (m)	Ah i (m)	N (c./tal)	N Tal.	
I.C.	Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	0.18	0.26	0.12	0.26	10	4	$A_{h(i)} \leq \sqrt{V(i)}$ $A_{h(i)} \leq 1.50$
II.C.	Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	0.40	0.31	0.27	0.56	10	4	
III.C.	Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	0.70	0.46	0.42	0.99	10	4	
IV.C.	Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	1.06	0.61	0.57	1.51	10		

Fuente: *Elaboración propia.*

Interpretación: el ancho de la abertura de los cuadrantes (A_h I (m)) debe ser menor o igual a la raíz cuadrada del avance efectivo por disparo siendo un valor de 1.5 metros respectivamente, lo cual para obtener una adecuada fragmentación para esta sección donde se tiene 3 cuadrantes efectivos.

Sección C – Taladros de ayuda

Según el modelo matemático, a continuación, se muestra el diseño de los taladros de ayuda en la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Tabla N° 5: Cálculo de los taladros de ayuda en la corona.

Explosivo	RWS	q (Kg/m)	Long. Cart. (m)	Bi (m)	Bip (m)	S (m)	Ah _{Hast} (m)	N (c./tal)	N Tal.
Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	16	0.76	0.60	0.61	6	2.0

Fuente: *Elaboración propia.*

c. Sección D – Taladros de contorno

Según el modelo matemático a continuación se muestra el diseño de los taladros de contorno en la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Tabla N° 6: Taladros de contorno en Corona.

Explosivo	RWS	q (Kg/m)	Long. Cart. (m)	K {15,16}	Bi (m)	Bip (m)	S (m)	N (c./tal)	N Tal.
Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	16	0.76	0.60	0.61	5	5.0

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla N° 7: Taladros de contorno en Hastiales

Explosivo	RWS	q (Kg/m)	Long. Cart. (m)	Bi (m)	Bip (m)	S (m)	Ah _{ay. cor} (m)	N (c./tal)	N Tal.
Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	0.93	0.29	0.52	1.57	6	4.0

Fuente: Elaboración propia.

d. Sección E – Taladros de arrastre

Según el modelo matemático, a continuación, se muestra el diseño de los taladros de arrastre en la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Tabla N° 8: Taladros de arrastre

Explosivo	RWS	q (Kg/m)	Long. Cart. (m)	Bi (m)	Bip (m)	S ₁ (m)	S ₂ (m)	N (c./tal)	N Tal. en Arrastre
Emulnor 3000 1" X 8"	1.02	0.58	0.203	0.94	0.78	2.63	0.84	9	4.00

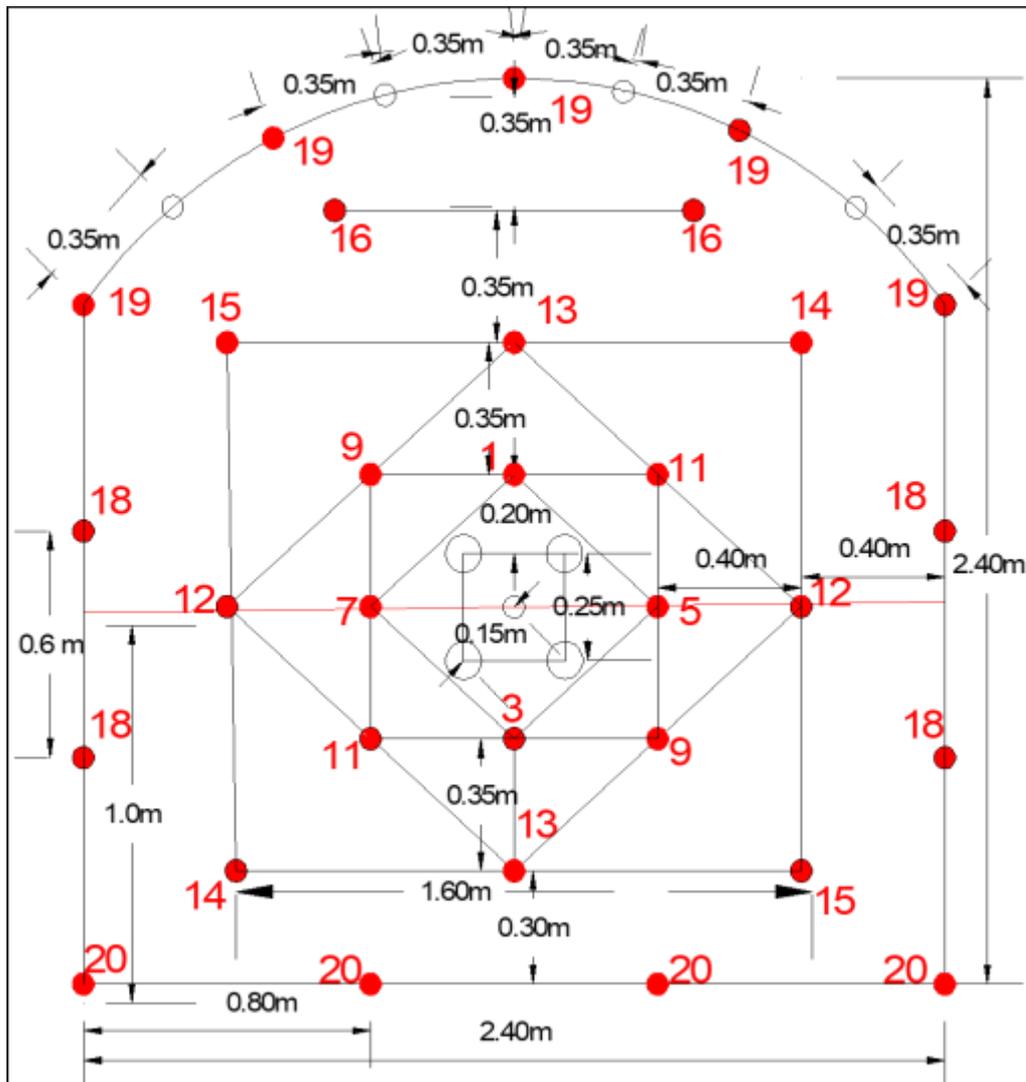
Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.3 Desarrollo del modelo matemático de Roger Holmberg para mejorar la estabilidad del macizo rocoso tras la voladura de los frentes de avance, Unidad Minera Julcani

Tras el modelamiento se obtuvo mejoras en la malla de perforación y voladura, para los frentes de avance se procedió a desarrollar la mejora del diseño de malla de perforación y voladura con el equipo manual Jackleg.

En la siguiente figura se muestra la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg con equipo manual Jackleg.

Figura N° 20: Malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg con equipo manual Jackleg.



Fuente: *Elaboración propia.*

Con esta malla de perforación y voladura se tiene buenos resultados y se tiene un avance eficiente con buenos resultados en la voladura.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de carga y datos técnicos de los taladros perforados.

Tabla N° 9: Distribución de carga y datos técnicos.

DISTRIBUCION DE CARGA Y DATOS TECNICOS										
TALADROS	N° Taladros Cargados	Emulnor 5000	Emulnor 1000	Emulnor 3000	Total Cartuchos por tal.	Emulnor 5000	Emulnor 1000	Emulnor 3000	Tipo de Explosivos	
		1 1/4 * 12"	1"x7"	1" * 8"		1 1/4 * 12"	1"x7"	1" * 8"		
		Cartucho por Taladro			Und.	N° Cartucho por Grupo			Und	
Arranque	4	1		8	9	4		32	und	
1ra ayuda	4	1		8	9	4		32	und	
2da ayuda	4	1		8	9	4		32	und	
3ra ayuda	4	1		8	9	4		32	und	
Ayuda corona	2	1		6	7	2		12	und	
Hastiales	4			7	7	0		28	und	
Corona	5		5	1	1	0	25	5	und	
Arrastres	4	1		8	9	4		32	und	
Total	31						22	25	205	N° Cart.
Total Taladros	40									
						5.85	2.37	22.48	Kg	
						kilos de explosivos	30.70	kg / disp.		

SELECCIÓN DE EXANELES 2.80 M		DATOS		FACTORES TEÓRICOS	
EXANEL LP	UND	Tipo de roca	4	Volumen roto	m ³ 13.25
#1	1	Densidad de roca	gr/cm ³ 2.50	Tonelaje roto	t 33.12
#2	-	Ancho de la sección	m 2.40	Factor de carga	kg/t 0.93
#3	1	Alto de la sección	m 2.40	Factor de avance	kg/t 13.35
#4	-	Sección	m ² 5.76	FACTORES REALES	
#5	1	N° taladros cargados	tal. 31	Volumen roto	m ³ 12.38
#6	-	N° taladros alivio	tal. 5	Tonelaje roto	t 30.96
#7	1	Diámetro de taladro	mm 38	Factor de carga	kg/t 2.48
#8	-	Long. Taladro	m 2.30	Factor de avance	kg/m 14.28
#9	2	Avance efectivo	m 2.15	RESULTADOS DE LA POST VOLADURA	
#10	-	CONSUMO DE EXPLOSIVOS - ACCESORIOS		Avance promedio	m 2.15
#11	2	Emulnor 3000 1 x 8"	kg 22.48	Avance	% 93.48
#12	2	Emulnor 5000 1 ¼ x 12"	kg 5.85	Ancho de la sección	m 2.40
#13	2	Emulnor 1000 1"x7"	kg 2.37	Alto de la sección	m 2.40
#14	2	Total Explosivos	kg 30.70	Sobrerotura	% 0.00%
#15	2	Cordón Detonante 3P	m 18	Toneladas rotas	t 30.96
#16	-	Exanel 2.8 m	und. 31	Factor de potencia	kg/t 0.99
#17	4	Mecha rápida Z18	m 0.20	Factor de carga	kg/m ³ 2.48
#18	5	Carmex 7' 2C	und. 2	Factor de carga	kg/m 14.28
#19	4				
#20	4				

Fuente: Elaboración propia.

Figura N. 21: Esquema de carguío de la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg con equipo manual Jackleg..



Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.4 Desarrollar el modelo matemático de Roger Holmberg para reducir el costo de perforación y voladura en los frentes de avance, Unidad Minera Julcani

A. Análisis situacional de la perforación y voladura

Este análisis de costos está en base a los rendimientos de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg, en campo, los salarios y precios de las herramientas y materiales, el costo de equipo y equipos Scooptram de 3.5 yd³. Se presentan en el anexo 3.

En la siguiente tabla, se muestran los datos técnicos de perforación y voladura e incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd³.

Tabla N° 10: Datos técnicos de perforación y voladura

Labores 2.4 m x 2.4 m Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 3.5yd3 (Extracción sobre mineral hasta 150 metros)					
Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Dura				
Ancho Labor:	2.4	m	Efic.Perf.	88%	
Alto Labor:	2.4	m	Efic.Disp.	88%	
Long. Barra (pie)	6.0	pies	Long. Carga	1.07	m
NºTal. Frente	41	tal	Avanc.Efect.	1.40	m
NºTal. Cargados	32	tal	m³ / Disp.	8.07	m3
Factor de carga:	14.6	Kg/m	Longitud de avance de perforación	1.60	mts
kg explosivo	23.4	Kg	kilogramos/ taladro	0.73	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 8.5% del costo directo					8.5%

Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de Costos y Presupuestos.*

Con estos datos técnicos, se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura.

La utilidad obtenida por metro de avance es el 8.5 % del costo total indirecto.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de los costos de perforación y voladura.

Tabla N° 11: Estructura de costos de perforación y voladura

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.4 x 2.4 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	41.0	Longitud efectiva Perforación mts			1.60	
Taladros cargados	32.0	Eficiencia perforación			88%	
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.7	Rendimiento (m/disparo):			1.40	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U. S./ Unid	Total S/ S/.	Total S./ MET.
1 Mano de Obra						601.98
Capataz	tarea	1	1.59	191.06	60.73	
Bodeguero	tarea	1	1.59	135.26	43.00	
Mecánico	tarea	1	3.18	212.94	270.74	
electricista Mina	tarea	1	1.59	169.18	53.78	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1	80%	135.26	140.67	
1 Aceros de perforación						74.33
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	215.25	100%	0.28	59.82	
Brocas de perforación conica 45 mm	pp	215.25	100%	0.18	38.78	
1 Herramientas						14.81
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	32.00	100%	0.20	6.40	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1 Implementos de Seguridad						17.58
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.08	100%	9.15	19.03	
2 Equipos en Operación						202.69
Perforadora	pp	215.25	100%	0.38	82.57	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
A) Total Costo Directo						911.40
B) UTILIDAD		8.5%				77.47
C) Explosivos y Acc. Voladura						147.69
Emulnor 3000 1" X 8	kg	15.59	100%	6.24	97.19	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	32.00	100%	2.93	93.73	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
D) Combustible						33.37
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1169.92

Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de Costos y Presupuestos.*

Interpretación: El costo total por la unidad valorizada se tiene el metro de avance lineal se tiene S/ 1169.92 nuevos soles.

B. Análisis del costo por metro lineal tras la aplicación del modelo matemático de Roger Holmberg para reducir el costo de perforación y voladura en los frentes de avance, Unidad Minera Julcani

Luego de los controles para minimizar los errores de desviación de los taladros de perforación manual con el equipo Jackleg, los cuales se reflejan en la mejora de la valorización del costo de avance lineal.

En la siguiente tabla se muestra los datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd3.

Tabla N° 20: *datos técnicos de perforación y voladura incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd3.*

Labores 2.4 m x 2.4 m Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 3.5yd3 (Extracción sobre mineral hasta 150 metros)					
Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Dura				
Ancho Labor:	2.4	m	Efic.Perf.	90%	
Alto Labor:	2.4	m	Efic.Disp.	90%	
Long. Barra (pie)	8.0	pies	Long. Carga	1.46	m
N°Tal. Frente	40	tal	Avanc.Efect.	1.98	m
N°Tal. Cargados	31	tal	m ³ / Disp.	11.38	m3
Factor de carga:	15.2	Kg/m	Longitud de avance de perforación	2.19	mts
kg explosivo	22.3	Kg	kilogramos/ taladro	0.72	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 10% del costo directo					10.0%

Fuente: *Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de Costos y Presupuestos.*

Estos datos técnicos, se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura.

La utilidad obtenida por metro de avance es el 10% del costo total indirecto.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura.

Tabla N° 12: Estructura de costos de perforación y voladura de la mejora del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.4 x 2.4 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	40.0	Longitud efectiva Perforación mts	2.19			
Taladros cargados	31.0	Eficiencia perforación	90%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.7	Rendimiento (m/disparo):	1.98			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U. S/. / Unid	Total S/. S/.	Total S/. /MET.
1 Mano de Obra						568.94
Capataz	tarea	1	1.42	191.06	54.17	
Bodeguero	tarea	1	1.42	135.26	38.35	
Mecánico	tarea	1	2.84	212.94	241.50	
electricista Mina	tarea	1	1.42	169.18	47.97	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1	80%	135.26	140.67	
1 Aceros de perforación						77.97
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	288.00	100%	0.21	60.03	
Brocas de perforación 45 mm	pp	288.00	100%	0.15	43.67	
1 Herramientas						14.67
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	31.00	100%	0.20	6.20	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1 Implementos de Seguridad						17.58
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.08	100%	9.15	19.03	
2 Equipos en Operación						222.62
Perforadora	pp	288.00	100%	0.38	110.48	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
(A) Total Costo Directo						901.79
(B) UTILIDAD		10.0%				90.18
(C) Explosivos y Acc. Voladura						175.36
Emulnor 3000 1" X 8	kg	22.27	100%	6.24	138.86	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	31.00	100%	2.93	90.80	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
(D) Combustible				0.00		37.54
Petroleo Scoop	Gln	4.50	100%	11.68	52.56	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)				0.00		1204.86

Fuente: Compañía Minera Buenaventura S.A.C. Área de Costos y Presupuestos.

Interpretación: El costo total por la unidad valorizada se tiene el metro de avance lineal se tiene S/ 1204.86 nuevos soles.

C. Análisis de la optimización del costo de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg en los frentes de avance, Unidad Minera Julcani.

En resumen, se tiene un avance de 150 metros lineal para ello se realizó una comparación entre el análisis actual y el nuevo diseño de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg para la mejora en los costos de perforación y voladura. En la siguiente tabla se muestra la optimización del costo de perforación y voladura en los frentes de avance.

Tabla N° 13: Optimización del costo de perforación y voladura en los frentes de avance.

Proyecto de un frente de 150 metros lineales		
Avance	150	ml
Malla de PyV con barra de 6 pies	94	disp
Diseño de Malla de PyV con barra de 8 pies	68	disp
Optimización del número de disparos	25	disp
Optimización del costo de perforación y voladura		
Malla de PyV con barra de 6 pies para los 150 ml	109,680	S/.
Diseño de Malla de PyV con barra de 8 pies para los 150 ml	82,353	S/.
Optimización del costo de perforación y voladura de los 150 ml	27,327	S/.

Fuente: *Elaboración Propia.*

Interpretación: La optimización del costo de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg en los frentes de avance para los 150 metros lineales son los siguientes:

- **Situación actual**, la malla de perforación y voladura se realiza con una barra de 6 pies, la cual realizaría 94 disparos para poder concluir los 150 metros lineales del proyecto.
- **Situación óptima**, la malla de perforación y voladura con el modelo matemático se planteó con una barra de 8 pies, que realizaría 68 disparos para poder concluir los 150 metros lineales.
La optimización en el número de disparos es de 25 disparos, en los 150 metros lineales.
- **Optimización del costo de perforación y voladura**, la malla de perforación y voladura para la situación actual el costo total de perforación y voladura para los 150 metros lineales es de S/109 680 nuevos soles.
Situación óptima, la malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg el costo total de perforación y voladura para los 150 metros lineales es de 82 353 nuevos soles.
La optimización del costo de perforación y voladura de los 150 metros lineales es de 27 327 nuevos soles respectivamente.

5.2 LOGROS ALCANZADOS

Se ha logrado reducir el costo de perforación y voladura, el costo estandarizado por metro de avance lineal es de s/ 1169.92 nuevos soles para un avance con barra de 6 pies. Tras el diseño de la malla de perforación y voladura por el método matemático de Roger Holmberg, el costo total por la unidad valorizada el metro de avance lineal es de s/ 1204.86 nuevos soles, con una barra de 8 pies.

5.3 DIFICULTADES ENCONTRADAS

- **Capacitaciones:** la falta de capacitación a los maestros perforistas, a los supervisores y jefes de guardias en diferentes temas de perforación y voladura, para lo cual se realizó un cronograma de capacitaciones por parte del personal de perforación y voladura.
- **Reportes diarios:** la falta de reportes de los trabajos diarios previos al trabajo a realizar, por lo cual se ha implementado un formato de reportes diarios de trabajo.
- **Máquinas Jack-Leg:** se verificó en campo, la operatividad de las máquinas, encontrando deficiencias en cuanto al mantenimiento por parte de los mecánicos de la empresa, para tal problema, se coordinó con el área de soporte para realizar un cronograma para el mantenimiento de las máquinas.

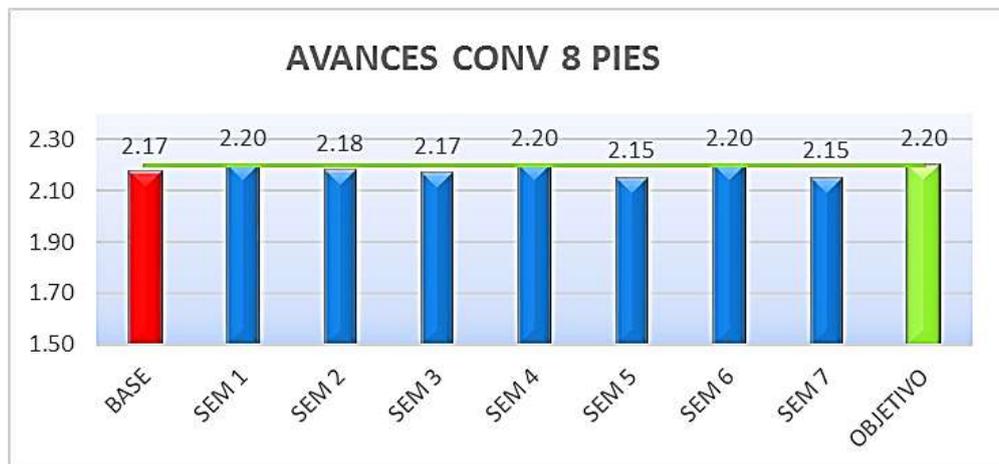
- Herramientas y equipos de perforación: no se contaban con rimadoras, de 8 pies, guidores, pinturas, brochas; para lo cual se presentó un requerimiento de todo lo mencionado al área de logística.

5.4 PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

- Capacitación constante al personal sobre el nuevo diseño de malla de perforación y voladura.
- Mayor avance y mayor producción en los frentes de avances en la explotación.

Tabla N° 14: *Mejora de eficiencia en los frentes de avance con barrenado de 8 pies.*

AVANCES CONV 8 PIES			
SEMANA	MDisp.	Base	Objetivo
BASE	2.17	2.20	2.20
SEM 1	2.20	2.20	2.20
SEM 2	2.18	2.20	2.20
SEM 3	2.17	2.20	2.20
SEM 4	2.20	2.20	2.20
SEM 5	2.15	2.20	2.20
SEM 6	2.20	2.20	2.20
SEM 7	2.15	2.20	2.20
OBJETIVO	2.20	2.20	2.20



Fuente: *Elaboración Propia.*

5.4.1. Metodologías propuestas

Para la optimización del diseño de malla de perforación y voladura para los frentes de avance, se utilizó la metodología del modelo matemático de Roger Holmberg.

La metodología matemática de Roger Holmberg, comprende el análisis de los parámetros de diseño de la malla de perforación y voladura, esta metodología comprende 5 secciones: el cálculo de diseño de arranque, cuadradores, taladros de ayuda, taladros de contorno y taladros de arranque. Los cuales ayudarán a tener un diseño de malla de perforación y voladura óptima.

5.4.2. Descripción de la implementación

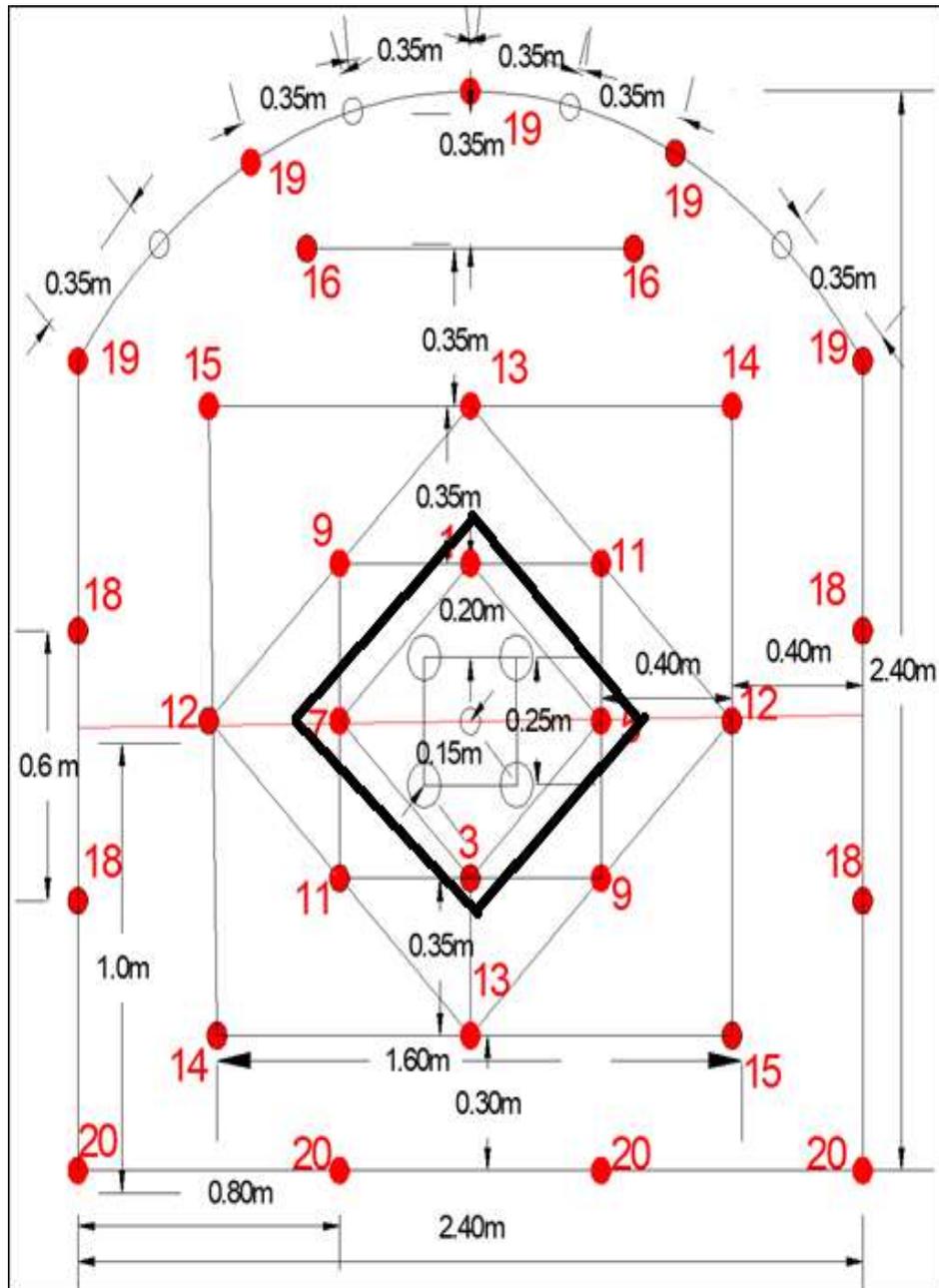
El modelo matemático de Roger Holmberg, divide el frente de una labor en 5 secciones: el arranque (cut), taladros cuadrantes, taladros de ayuda, taladros de contorno y taladros de arrastre.

a. Sección A - Arranque o (Cut)

Según el modelo matemático de Roger Holmberg, se prioriza el análisis en el arranque del diseño de malla, según los cálculos matemáticos del modelo se tiene 5 taladros de alivio y 4 taladros cargados.

En la siguiente figura se muestra el diseño de arranque diseñado y calculador con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Figura N° 22: Distribución de los taladros de arranque del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.



Fuente: *Elaboración propia*

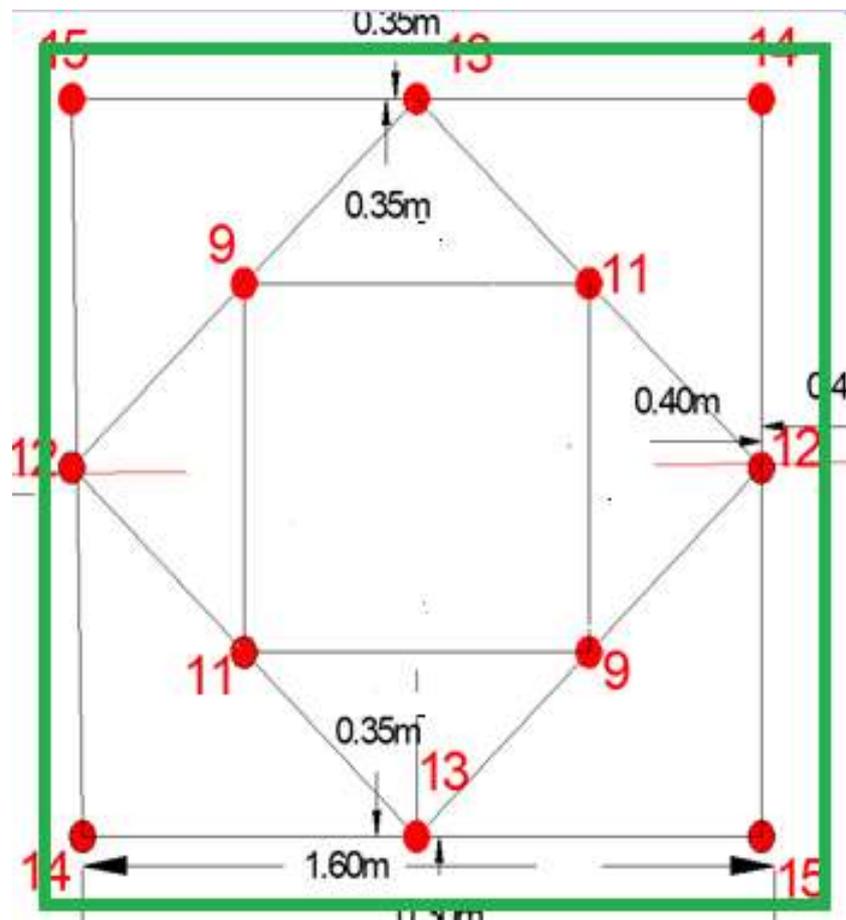
b. Sección B – Cuadrantes

Según el modelo matemático a continuación se muestra el diseño de los cuadrantes de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

El ancho de la abertura de los cuadrantes (A_h (m)) debe ser menor o igual a la raíz cuadrada del avance efectivo por disparo siendo un valor de 1.5 metros respectivamente lo cual para una adecuada fragmentación para esta sección se tiene 3 cuadrantes efectivos.

En la siguiente figura se muestra la distribución de los 3 cuadradores efectivos.

Figura N° 23: Distribución de taladros en los cuadradores del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.

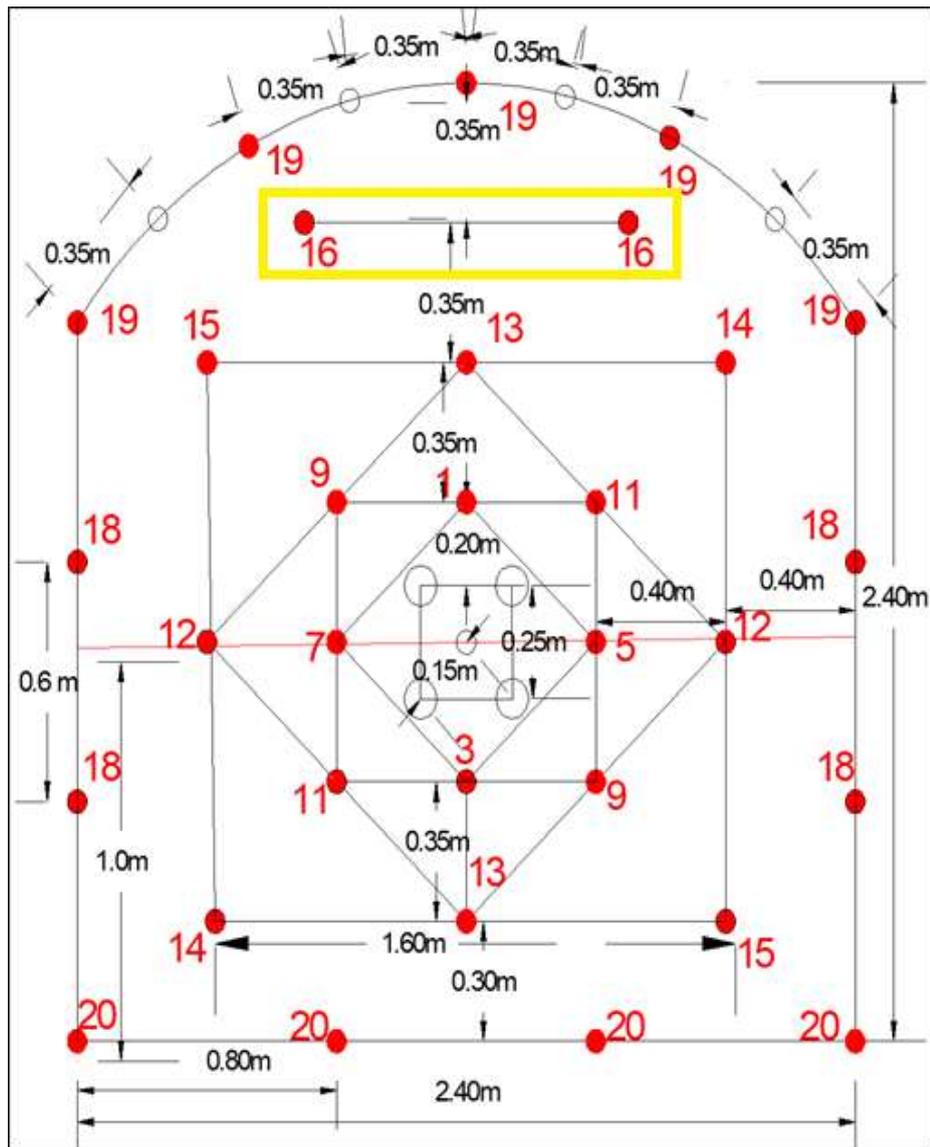


Fuente: *Elaboración propia*

c. Sección C – Taladros de ayuda

Según el modelo matemático, a continuación, se muestra el diseño de los taladros de ayuda de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Figura N° 24: Distribución de los taladros de ayudad del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg

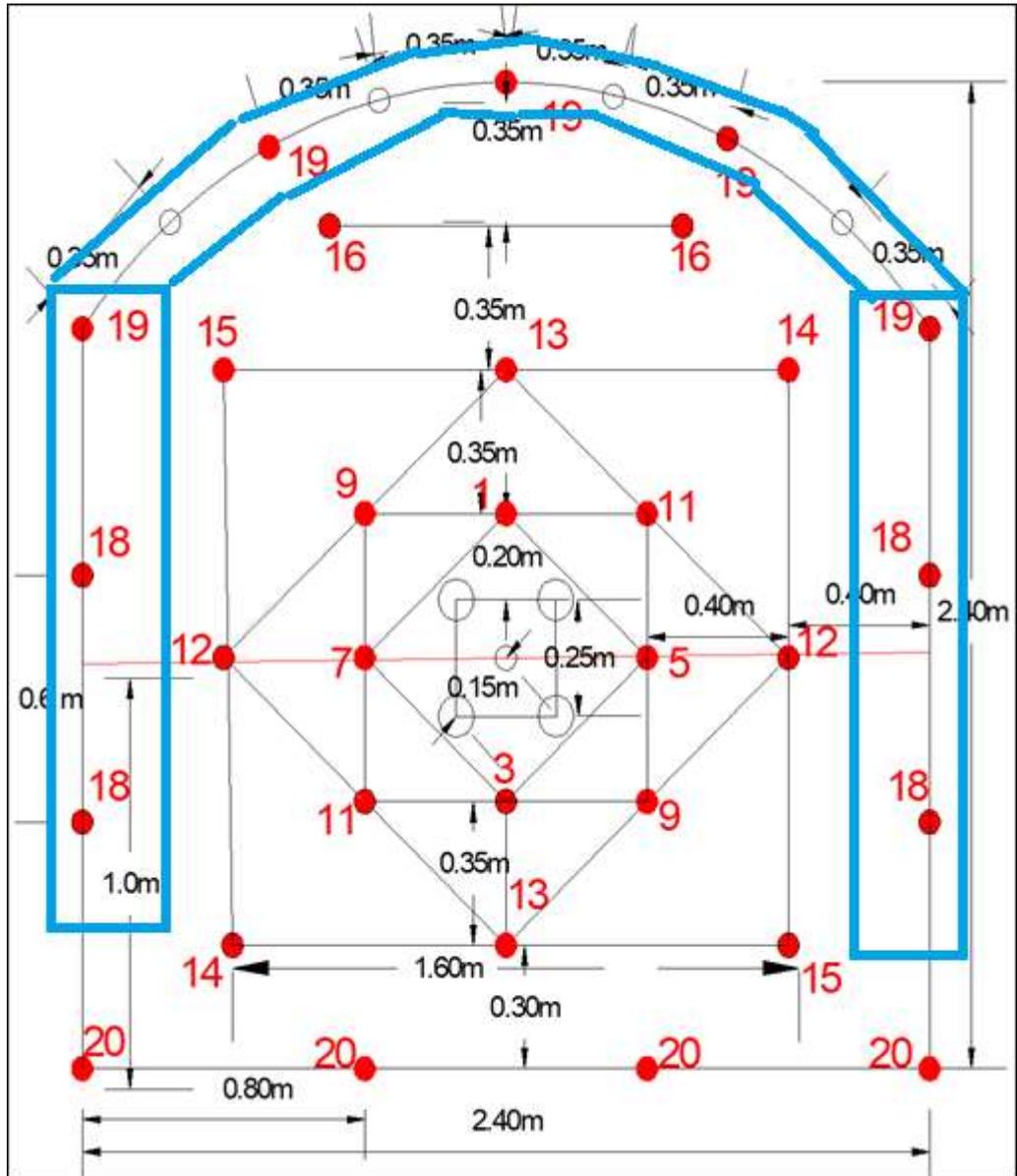


Fuente: *Elaboración propia*

d. Sección D – Taladros de contorno

Según el modelo matemático, se muestra en la siguiente tabla, el diseño de los taladros de contorno de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

Figura N° 25: Distribución de taladros de contorno del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.

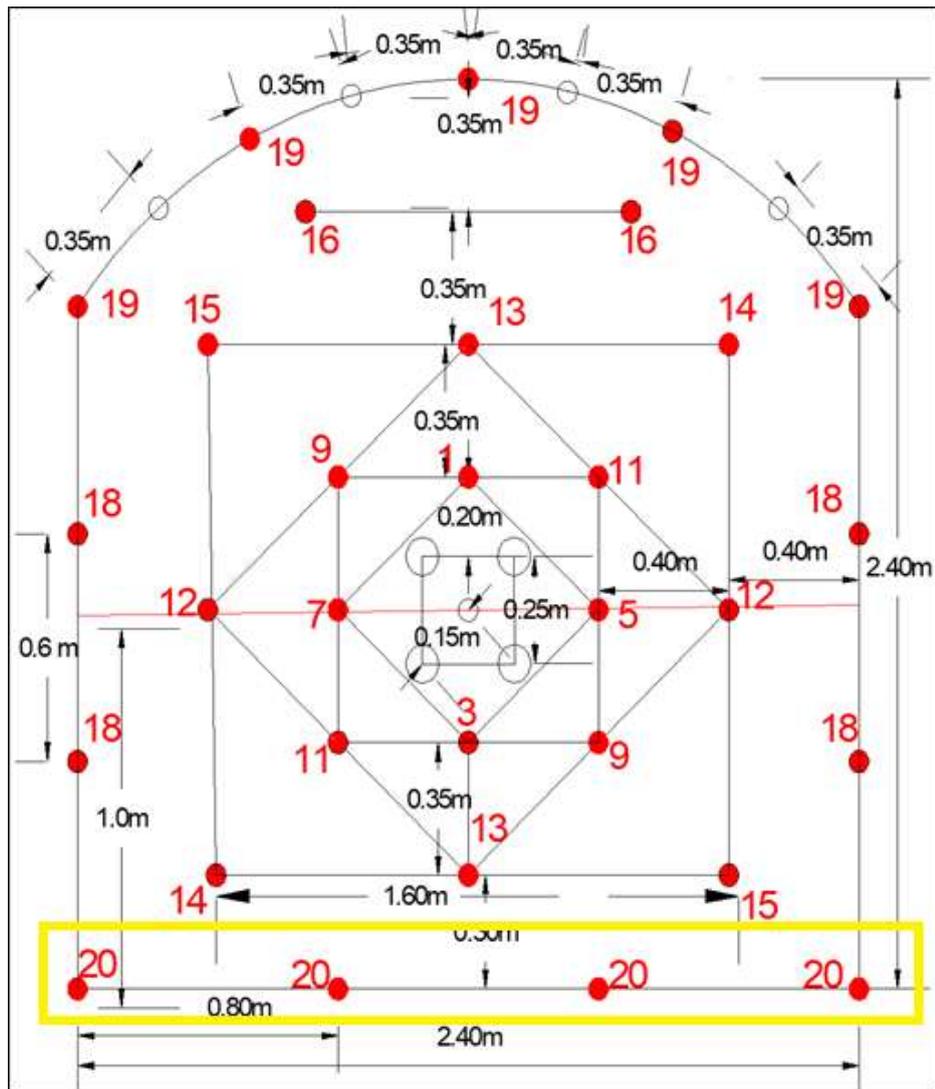


Fuente: *Elaboración propia*

e. Sección E – Taladros de arrastre

Según el modelo matemático, a continuación se muestra el diseño de los taladros de arrastre de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.

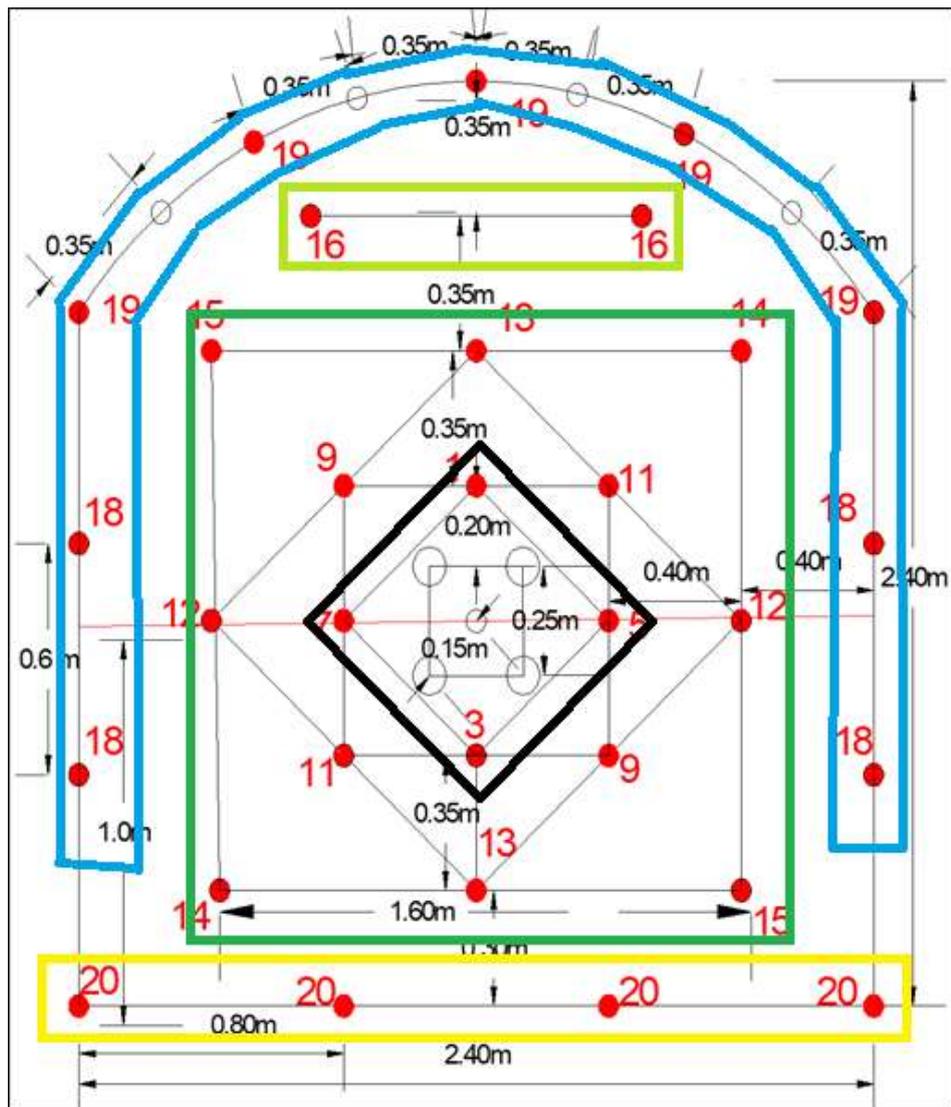
Figura N° 26: *Distribución de taladros de arrastre del diseño de malla por el modelo matemático de Roger Holmberg.*



Fuente: *Elaboración propia*

En la siguiente figura se muestra la distribución de los taladros del diseño de malla de perforación y volara con el modelo matemático de Roger Holmberg

Figura N° 27: *Distribución de los taladros del diseño de malla de perforación y volara con el modelo matemático de Roger Holmberg.*



Fuente: *Elaboración propia*

5.5 ANÁLISIS LA SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, el costo total por la unidad valorizada se tiene que, del metro de avance lineal se obtiene S/ 1169.92 nuevos soles con barra de 6 pies, tras la optimización de la malla de perforación se obtiene un costo total por la unidad valorizada, por metro de avance lineal se tiene S/ 1204.86 nuevos soles con barra de 8 pies.

La optimización del costo de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg en los frentes de avance, para los 150 metros lineales son los siguientes: Situación actual: con la malla de perforación y voladura empírica, con barreno de 6 pies se realiza 94 disparos para poder concluir los 150 metros lineales del proyecto. Situación óptima, con la malla de perforación y voladura con el modelo matemático que se planteó, con un barreno de 8 pies se realiza 68 disparos para poder concluir los 150 metros lineales. La optimización en el número de disparos es de 25 disparos, en los 150 metros lineales.

5.6 APOORTE DEL BACHILLER EN LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN

- La optimización en la aplicación de la malla de perforación y voladura para los trabajos de los frentes de avance en la Unidad Minera Julcani.
- Se logró implementar los de control en los trabajos de perforación y voladura de reporte diario, así se obtuvieron datos necesarios y reales para realizar indicadores, que ayudaran a controlar la operación unitaria en perforación y voladura para la buena toma de decisiones. (Tabla N°5).
- Se redujo la cantidad de disparos; con una barra de 6 pies se realizaba 94 disparos para poder concluir los 150 metros lineales del proyecto, pero con la malla de perforación y voladura con el modelo matemático que se planteó, con una barra de 8 pies la cantidad de disparos reduciría a 68 y para poder concluir los 150 metros lineales obteniendo una optimización de 25 disparos, en los 150 metros lineales.
- La utilidad obtenida por metro de avance con barra de 6 pies con la unidad valorizada de S/ 1169.92 nuevos soles es el 8.5 % del costo total indirecto y con barra de 8 pies el costo total indirecto con la unidad valorizada de S/ 1204.86 nuevos soles es de un 10%.
- Se mejoró el avance lineal, en la unidad minera Julcani al obtener mayor avance por el nuevo diseño de malla de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg.
- Se dio capacitaciones y orientaciones al personal obrero para el proyecto en las tareas que realizarán en perforación y voladura.

CONCLUSIONES

- La carga operante, con la carga específica; suponiendo que ésta sea disminuida, puede ocurrir que no produzca arranque y así la mayor parte de la energía podrá crear más vibraciones, dando el resultado contrario a lo buscado, cuanto más confinada sea un impacto, más vibraciones producirá.
- La capacitación por la supervisión, ayudó a tener un buen seguimiento del cumplimiento referente a los objetivos de la empresa.
- La situación actual: el costo total por la unidad valorizada, se tiene que el metro de avance lineal se obtiene S/ 1169.92 nuevos soles con barra de 6 pies, tras la optimización de la malla de perforación se tiene, que el costo total por la unidad valorizada, por metro de avance lineal se obtiene S/ 1204.86 nuevos soles con barra de 8 pies.
- La optimización del costo de perforación y voladura con el modelo matemático de Roger Holmberg en los frentes de avance, para los 150 metros lineales son los siguientes: Situación actual: con la malla de perforación y voladura empírica, con barreno de 6 pies se realiza 94 disparos para poder concluir los 150 metros lineales del proyecto. Situación óptima, con la malla de perforación y voladura con el modelo matemático que se planteó, con un barreno de 8 pies se realiza 68 disparos para poder concluir los 150 metros lineales. La optimización en el número de disparos es de 25 disparos, en los 150 metros lineales.

RECOMENDACIONES

- Para la operación unitaria de perforación y voladura en los frentes de avance se debe implementar el uso de la malla de perforación diseñado mediante el método de Holmberg por haber demostrado buenos resultados en la voladura.

- Se recomienda al área de perforación y voladura el estricto cumplimiento de la malla de perforación diseñada, con los siguientes controles:
 - a. Conocer los parámetros geomecánicos y los factores geológicos.
 - b. Realizar el pintado de la malla de perforación de acuerdo a parámetros establecidos en el diseño realizado.
 - c. Controlar el paralelismo usando los 4 guidores.
 - d. Al momento del carguío de explosivos en los taladros, debe realizarse de acuerdo al diseño de carga, respetando la longitud de los tacos inertes.
 - e. Los rimados de los taladros de alivio deberán de realizarse hasta el fondo del taladro.

- Conocer los parámetros geomecánicos y los factores geológicos.

- Realizar el pintado de la malla de perforación de acuerdo a parámetros establecidos en el diseño realizado.

- Controlar el paralelismo usando los 4 guidores.

- Al momento del carguío de explosivos en los taladros, se debe realizar de acuerdo al diseño de carga, respetando la longitud de los tacos inertes.

- Los rimados de los taladros de alivio se deberán realizar hasta el fondo del taladro.

- Se sugiere la utilización del uso de tacos inertes, para evitar la salida de energías inestables del taladro.

- De acuerdo con la investigación del carguío de los taladros de contorno con explosivos de baja potencia con cartuchos Emulnor 1000 1" x 7", permitirá controlar fácilmente la forma de la labor y no tener sobre excavación, disminuyendo los niveles de vibración.
- Para obtener una eficiente perforación, el personal debe ser entrenado y capacitado, las máquinas Jack-leg a utilizar deben estar en óptimas condiciones para evitar errores de perforación y poder alcanzar la eficiencia requerida en la voladura.
- Se recomienda continuar las capacitaciones a todo el personal en las labores a manera de concientización, para seguir mejorando en las labores encomendadas. También es recomendable que la supervisión realice el seguimiento esporádicamente al momento del carguío para una voladura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **RUMBO MINERO INTERNACIONAL. AMERICAN MINING.** [En línea] 2017 de 04 de 29. [Citado el: 2020 de 12 de 02.]
<https://www.rumbominero.com/peru/noticias/mineria/compania-de-minas-buenaventura-celebra-64-anos-fortaleciendo-la-mineria-peruana/>.
2. **Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.** Buenaventura. [En línea] 08 de 12 de 2010. [Citado el: 12 de 02 de 2022.] <https://www.buenaventura.com/es/nosotros>.
3. **Compañía Minera Buenaventura S.A.C.** *Area de seguridad de La U.M Julcani.* Lima : Tecnologia XXI S.A, 2020.
4. **Compañía Minera Buenaventura S.A.C.** *Área de operaciones.* Lima. : Unidad Minera Julcani, 2021.
5. **Pernia LLera, Jose Maria, Lopez Jimeno, carlos y Pla Ortiz de Ubina, Fernando.** *Manual de Perforación y Voladura de Rocas.* Madrid : Instituto geologico y minero de España, 2003.
6. **Ojeda Mestas, Rene Wilfredo.** *Diseño de Mallas de Perforación y Voladura Subterránea aplicando un Modelo Matemático areas de influencia.* Lima : s.n., 1998.
7. **Instituto de Seguridad Minera.** Perforación minera: tipos, clases de maquinaria y ubicación de taladros. [En línea] 19 de Octubre de 2017. [Citado el: 12 de 06 de 2021.] <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/perforacion-minera-tipos-clases-de-maquinaria-y-ubicacion-de-taladros/>.
8. **Condoli Flores, Felix y Porras Sayritupac, Lucas Cesar.** Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en los frentes de avances de la u.e.a. reliquias - Corporación Minera Castrovirreyna s.a. Huancavelica, Perú : Repositorio institucional de la Universidad de Huancavelica, 2015.
9. **Sigarrostegui Mendoza, Enrique.** *CLASE 4: PERFORACIÓN EN MINERÍA I.* Lima : Portal Digital Educativo la Academia, 2018.
10. **RocasyMinerales.** MINERALES DE LA ESCALA DE MOHS. [En línea] 12 de 08 de 2017. [Citado el: 21 de 08 de 2021.] <https://www.rocasyminales.net/escala-de-mohs/>.
11. **Salazar Ascencio, Wilson Eduardo .** La Voladura Subterránea. s.f.
12. **RevistaSeguridadMinera.** Parámetros en la voladura de rocas. 8 de enero de 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de Capacitación Programada - COPSEM E.I.R.L

INFORME DE CAPACITACIÓN

Para: Ing. Cristhiam Villena Alegre
De: Efraín Quispe Julca
Miguel Trinidad Cárdenas
Asunto: Informe de Capacitación Programada - COPSEM E.I.R.L
Fecha: 03/01/2020

Estimado Ing. Cristhiam es para informar el cumplimiento de la capacitación programada para el personal obrero de la unidad, la asistencia a dicha capacitación fue voluntaria, el cual fueron invitados en los repartos de guardia de los diferentes niveles.

1. DATOS GENERALES

Fecha y Hora: 04-01-2022 8:00am - 10:00am
Tema: Perforación Manual
Expositores: Efraín Quispe Julca
Lugar: Sala de Capacitación Compañía de Minas Buenaventura U.P Julcani
Participantes: 30 personas

2. DESARROLLO DE LA CAPACITACIÓN

Durante el desarrollo de la capacitación se trataron los siguientes temas:

TEORÍA

- Objetivos.
- Evolución de la técnica en perforación.
- Equipos de Perforación actual.
- Máquina perforadora
- Tipos de máquina perforadora
- Partes de la perforadora
- Principios de perforación.
- Funcionamiento de la máquina.
- Ventajas del uso de la maquina Jack-Leg

Miguel trinidad cardenas

- Accesorios y Herramientas
- Barras de perforación
- Tipos de barras de perforación.
- Maneras de cuidar los barrenos.
- Cuidado y mantenimiento del equipo de perforación.
- Reglas para un buen mantenimiento de la perforadora accesorios y herramientas.
- Importancia de la lubricación de la perforadora.
- Lubricantes.
- Consecuencias de una lubricación deficiente.
- Reglas para un buen cuidado de la perforadora, accesorios y herramientas.
- Técnicas de perforación.
- Parámetros para una buena perforación.
- Parámetros para una buena voladura.

Conclusiones y recomendaciones

- El personal está dispuesto a continuar con las capacitaciones programadas, con la finalidad de concientizarse, y realizar mejor los trabajos encomendados.
- Estas capacitaciones también nos sirven para informarnos de las falencias que existe de parte de la supervisión.
- Es importante también para ver las necesidades del colaborador, y satisfacer sus requerimientos laborales de parte del colaborador,
- Se concluye la capacitación con 30 colaboradores asistentes de diferentes niveles.
- Las capacitaciones se continuarán de acuerdo al cronograma presentado en su momento.
- Recomiendo; involucrar a todas las áreas y seguir capacitando en diferentes temas con la finalidad de concientizar a cada uno de los colaboradores, ya que así obtendremos mejores resultados en nuestras operaciones.

3. REGISTRO FOTOGRÁFICO





Handwritten signature of Efraín Quispe Julca in black ink.

Efraín Quispe Julca
Sup. Perforación y Voladura
COPSEM E.I.R.L.

Handwritten signature of Miguel Trinidad Cárdenas in black ink.

Miguel Trinidad Cárdenas
Asist. Sup. Perforación y Voladura
COPSEM E.I.R.L.

Anexo 2. Informe referente al disparo fallado del nivel 710

INFORME N° 002

Para : Ing. Pio Carrasco
Jefe de Mina

De : Miguel Trinidad Cardenas.
Perforación y voladura.

Asunto: Informe referente al disparo fallado del nivel 710 de la guardia noche
Unidad Julcani.

Fecha: viernes, 17 de enero 2020

Mediante la presente es para informar sobre el disparo fallado en el nivel 710 de la zona Acchilla, del día 14 del presente mes de la guardia noche de la VN 324 Sur, a continuación, se detallan líneas abajo:

En esta labor el disparo falló por compresión de material roto, esto sucede por los siguientes motivos:

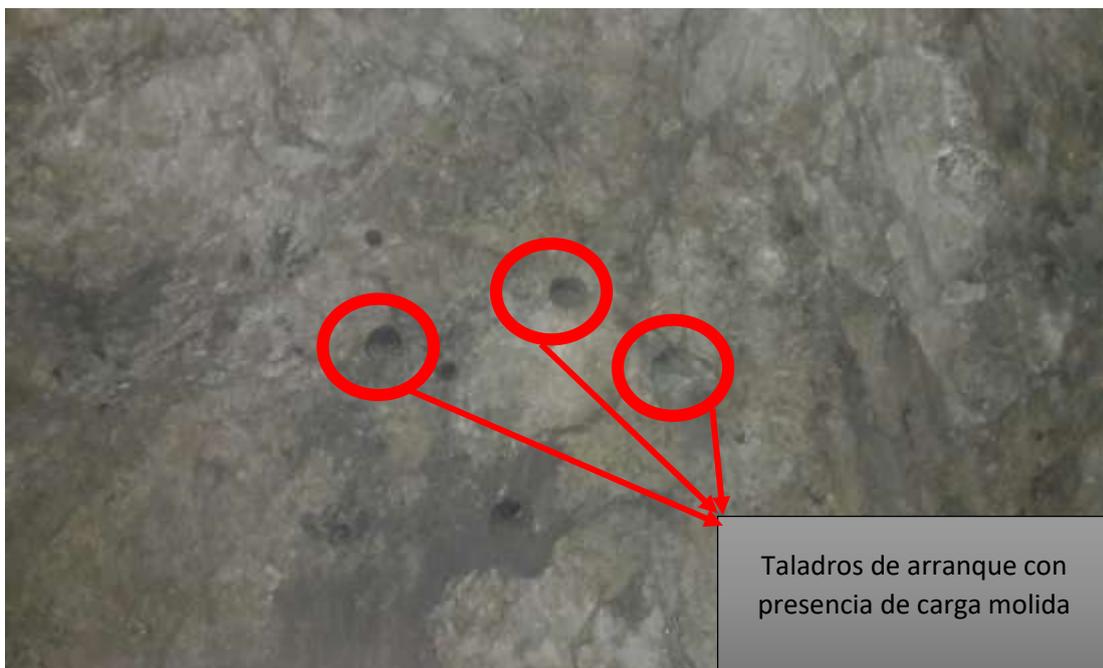
- cuando el secuenciamiento de salida es de un mismo tiempo de retardo en la parte del arranque.
- El burden y espaciamiento no tiene la distancia adecuada en la parte del arranque y ayuda.
- Por tipo de roca con diferentes formaciones de fallas y por su misma dureza (roca tipo 4).
- Posible deficiencia de explosivo en los taladros de arranque

Según el análisis realizado se pudo apreciar en dicha labor, la perforación efectiva fue de 2.70m saliendo solo 0.70m, dejando anillado el resto del taladro de la parte intermedia (arranque ayuda y sobre ayuda) hasta los taladros de producción, y los taladros de contorno quedaron limpios.

En la imagen fotográfica se puede apreciar la carga molida dentro de los taladros de alivio (taladros anillados), esto por la falta de carga explosiva en el arranque, (columna de carga explosiva por taladro inadecuado).

Evidenciando también compresión del material roto en la parte del arranque, esto sucede cuando en una roca de un tipo 4 es usando el explosivo de mayor potencia, ya

que para esta voladura se usaron el Emulnor 5000 de 1 ¼"X 12" en la parte del arranque, como se muestra en el vale de salida de explosivo.



Taladro de sobre ayuda con presencia de carga molida



Taladro de contorno limpio sin presencia de carga



CAUSAS BÁSICAS:

Las causas básicas para esta voladura fueron, usar explosivos de alta potencia en roca tipo 4, esto sucede cuando la cara libre es insuficiente y por la potencia explosiva tiende a comprimir el material roto.

Como bien sabemos para generar una buena cara libre en el arranque se requiere de un 30% más de carga explosiva de lo normal, según se evidencia en campo los taladros de arranque no tuvieron la carga explosiva ideal.

Al fallar los taladros de arranque como cara libre los taladros de ayuda y sobre ayuda, rompieron internamente la roca dejando anillado dicho frente, el cual no fue lo mismo con los taladros de contorno, ya que estos estuvieron limpios.

COPSEM VALE DE CONTROL DESPACHO DE EXPLOSIVOS No 022483

ANEXO: COPSEM T-110 SOLICITADO POR: Jorge FECHA: 17/11/10
 LABOR / TRABAJO: VH 633 AUTORIZADO: Jorge
 CENTRO DE COSTO: 100101301 SUB-LOCALIDAD: Acuña 710 AGI:

ITEM	CODIGO DEL MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD PEDIDA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD DESPACHADA
1	10000	Dinamita de			
2	10000	Dinamita de			
3	10000	Emulsion de 5000 1 1/4 X 12	67		
4	10000	Emulsion de 3000 1 1/4 X 12	152		
5	10000	Emulsion de 1000 1 X 7	30		
6	10000	Cordón Detonante JP 25	25		
7	10000	Exsanel			
8	10000	Exsanel H 1 - 2			
9	10000	Exsanel H 3 - 2			
10	10000	Exsanel H 2 - 2			
11	10000	Exsanel H 2 - 2			
12	10000	Exsanel H 4 - 2			
13	10000	Exsanel H 11 - 2			
14	10000	Exsanel H 12 - 2			
15	10000	Exsanel H 13 - 4			
16	10000	Exsanel H 14 - 4			
17	10000	Exsanel H 15 - 4			
18	10000	Exsanel H 16 - 2			
19	10000	Exsanel			
20	10000	Mocha Rápida	2		
21	10000	Carmax con conector	2		
22	10000	Carmax con conector	2		

FIRMA SOLICITANTE: [Firma] ANEXO Y FIRMA AUTORIZADA: [Firma] FIRMA RECIPIENTE: [Firma] FIRMA DESPACHADOR: [Firma]

ANEXO: [Firma] NOMBRE: [Firma] NÚMERO: [Firma]

Como se puede ver en el vale, sacaron para 34 taladros, 34 Fanel Lp con 67 cartuchos de Emulnor 5000 1 1/4" X 12", 152 cartuchos de Emulnor 3000 1 1/4"X12" y 30 cartuchos de Emulnor 1000 1"X7".

MEDIDAS DE CONTROL

Como medida de control se considera lo siguiente:

- ✓ Se realizará la reinducción al personal en el tema uso de explosivo para diferentes tipos de roca en función a la potencia explosiva.

- ✓ Dotar de explosivos para la voladura en función a la dureza de roca.
- ✓ Si este tipo de falla es reincidente se tomarán medidas disciplinarias, con los que resulten responsable.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES:

Se continuará capacitando a todo el personal en las labores, a manera de concientización para seguir mejorando en las labores encomendadas.

Se recomienda a la supervisión, realizar el seguimiento esporádicamente al momento del carguío para una voladura.

Sin más que mencionar quedo atento a su comentario.

Atte.



Miguel Trinidad Cárdenas

Sup. Perforación y Voladura

COPSEM E.I.R.L.

Anexo 3. Capacitación a los colaboradores



Fuente: propia.

Anexo 4. Implementación de las rimadoras de 8 pies



Fuente: propia.

Anexo 5. Implementación de guidores, pinturas, atacadores



Fuente: propia.

Anexo 6. Marcado de malla de perforación



Fuente: propia.

Anexo 7. Usos de los guidores al momento de la perforación



Fuente: propia.

Anexo 8. Preparación de las cañas para el carguío en los taladros de la corona



Fuente: propia.

Anexo 9. Carguío de los taladros y amarre con Pentacor 3P y uso del taco de arcilla



Fuente: propia.



Fuente: propia.

Anexo 10. Resultado de la voladura controlada



Fuente: propia.