

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**OPTIMIZACIÓN DE AVANCE LINEAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BY
PASS SAN IGNACIO MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE OPERACIONES
UNITARIAS EN LA MINERA J.S. NATIVIDAD - LA RINCONADA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELMER RENE HUARCAYA CCOPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2017



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

TESIS

**OPTIMIZACIÓN DE AVANCE LINEAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BY PASS SAN
IGNACIO MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE OPERACIONES UNITARIAS EN LA
MINERA J.S. NATIVIDAD - LA RINCONADA**

PRESENTADA POR:

Bach. ELMER RENE HUARCAYA CCOPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACION: 18 DE ENERO DEL 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :

M.Sc. Ing. Eugenio Araucano Domínguez

PRIMER MIEMBRO :

Ing. David Velásquez Medina

SEGUNDO MIEMBRO :

Ing. Esteban Aquino Alanoca

DIRECTOR :

Ing. Amílcar Terán Dianderas

ASESOR :

Dr. Ing. Roberto Chávez Flores

Área : Ingeniería de Minas
Tema : Análisis de costos mineros

DEDICATORIA

A mis distinguidos padres, Domingo Huarcaya y Rosa Ccopa por su apoyo incondicional y dedicación hacia mi persona para culminar mis estudios superiores y lograr mi anhelo de ser Ingeniero de Minas.

A mi hermana, Ninfa quienes desinteresadamente me apoyaron, alentaron en cada etapa de mi vida estudiantil y así concluir mi anhelo de ser profesional.

Con todo cariño y amor a mi esposa Luz por su apoyo y comprensión en los momentos más difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, por su infinito amor y por la vida que me da para realizar mis estudios en sus diferentes fases, hasta culminar mi profesión.

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por concederme los claustros universitarios para realizar mis estudios superiores hasta obtener el título Profesional de Ingeniero de Minas.

A la Facultad de Ingeniería de Minas, a sus autoridades, docentes, y administrativos, quienes en forma desinteresada supieron guiar con paciencia en mi formación académica y profesional.

Mi agradecimiento a la Minera J.S - Natividad, quienes me dieron la oportunidad de realizar el presente trabajo de Investigación

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad del problema.....	13
1.2 Formulación del problema	14
1.2.1 Problema general	14
1.2.2 Problemas específicos:.....	14
1.3 Objetivos de la investigación	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la investigación	15
1.5 Limitaciones del estudio	15
1.6 Viabilidad del estudio	15

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes de la investigación	16
2.2 Bases teóricas.....	17
2.2.1 Diseño de la malla de perforación y cálculo de carga-manual EXSA.....	17
2.2.2 Cálculo de la profundidad del taladro según R. Holmberg.....	18
2.2.3 Distribución de la carga	20
2.2.4 Modelos de fragmentación y voladura de rocas	23
2.2.5 Carguío y acarreo en minería subterránea	24
2.2.6 Estudio de perfomance de flota de carguío y acarreo	24
2.3 Bases conceptuales	29

2.4	Formulación de hipótesis	35
2.4.1	Hipótesis general.....	35
2.4.2	Hipótesis específicos.....	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño metodológico	36
3.2	Población	37
3.3	Muestra	37
3.4	Unidad de muestreo	37
3.5	Operacionalización de variables	37
3.5.1	Variable independiente	37
3.5.2	Variable dependiente	38
3.6	Técnicas de recolección de datos.....	38
3.6.1	Instrumentos de recolección de datos	38

CAPÍTULO IV

ÁMBITO DE ESTUDIO

4.1	Generalidades.....	40
4.1.1	Ubicación.....	40
4.1.2	Accesibilidad	40
4.1.3	Fisiografía y recursos naturales	41
4.1.4	Clima.....	41
4.1.5	Flora y fauna	42
4.2	Interpretación geológica del yacimiento.....	42
4.2.1	Geología regional.....	42
4.2.2	Geología local	43
4.3	Geología estructural.....	44
4.4	Geología económica	46
4.4.1	Afloramiento.....	46
4.4.2	Mineralización	46

CAPÍTULO V**EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES UNITARIAS EN EL BY PASS SAN
IGNACIO**

5.1	Objetivos de la construcción del by pass San Ignacio	49
5.2	Parámetros para el diseño del by pass	49
5.3	Instalaciones de servicios auxiliares en el by pass	49
5.4	Perforación en el by pass San Ignacio	50
5.4.1	Tipo de corte	50
5.5	Control de tiempos de perforación anterior	53
5.6	Voladura anterior en el by pass San Ignacio.....	54
5.7	Costo de perforación y voladura anterior	57
5.8	Diseño de la nueva malla de perforación.....	59
5.8.1	Control de tiempo de perforación optimizado	60
5.8.2	Voladura optimizado en el by pass San Ignacio	61
5.8.3	Costo de perforación y voladura optimizado.....	64
5.9	Carguío y acarreo anterior	66
5.10	Carguío y acarreo optimizado.....	68
5.10.1	Ciclo total de carguío.....	68
5.10.2	Ciclo total de acarreo	68
5.11	Costo de carguío y acarreo optimizado.....	69
5.12	Costo total optimizado.....	70

CAPITULO VI**DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

6.1	Análisis de resultados	71
6.2	Contrastación de las hipótesis.....	72
6.2.1	Resultados comparativos de perforación	72
6.2.2	Resultados comparativos de voladura.....	74
6.3	Resultados comparativos de costos de perforación y voladura anterior	75
6.4	Discusión de resultados de perforación y voladura	77
6.5	Contrastación.....	80

CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	86

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1 Relación de la dureza de la roca con la distancia.....	19
Cuadro 2.2 Relación de la dureza de la roca con el coeficiente	19
Cuadro 2.3 Cálculo de sección y burden	20
Cuadro 2.4 Constante de tipo de roca	22
Cuadro 3.1 Operalización de variables	38
Cuadro 4.1 Ruta de acceso a la Unidad Minera J.S. Natividad	41
Cuadro 5.1 Tipo de roca	52
Cuadro 5.2 Control de tiempos de perforación (Horas:minuto:segundo).....	53
Cuadro 5.3 Resultados obtenidos en la perforación anterior	53
Cuadro 5.4 Consumo de explosivo Semexa 65% en la voladura anterior	54
Cuadro 5.5 Resumen del consumo del explosivo y accesorios por disparo	55
Cuadro 5.6 Resumen de resultados en la voladura anterior	56
Cuadro 5.7 Costo de mano de obra	57
Cuadro 5.8 Costo de materiales de perforación	57
Cuadro 5.9 Costo de máquina perforadora	57
Cuadro 5.10 Costo de materiales de voladura	58
Cuadro 5.11 Costo de herramientas y otros materiales	58
Cuadro 5.12 Costo de implementos de seguridad	58
Cuadro 5.13 Resumen de costo de perforación y voladura anterior	59
Cuadro 5.14 Distribución de taladros en la optimización	59
Cuadro 5.15 Control de tiempos de perforación optimizado	60
Cuadro 5.16 Resultados obtenidos en la perforación optimizado	61
Cuadro 5.17 Consumo de explosivo en la voladura optimizado	61
Cuadro 5.18 Resumen de resultados en la voladura optimizado	63
Cuadro 5.19 Costo de mano de obra	64
Cuadro 5.20 Costo de materiales de perforación	64

Cuadro 5.21 Costo de máquina perforadora	64
Cuadro 5.22 Costo de materiales de voladura	64
Cuadro 5.23 Costo de herramientas y otros materiales	65
Cuadro 5.24 Costo de implementos de seguridad	65
Cuadro 5.25 Resumen de costo de perforación y voladura optimizado	65
Cuadro 5.26 Ciclo total de acarreo	66
Cuadro 5.27 Costo de carguío anterior	67
Cuadro 5.28 Costo de acarreo anterior	67
Cuadro 5.29 Costo total de carguío y acarreo	67
Cuadro 5.30 Resumen del costo total anterior	67
Cuadro 5.31 Costo de carguío	69
Cuadro 5.32 Costo de acarreo	70
Cuadro 5.33 Costo de carguío y acarreo optimizado	70
Cuadro 5.34 Resumen del costo total optimizado	70
Cuadro 6.1. Distribución de taladro	72
Cuadro 6.2. Distribución de taladros optimizados	73
Cuadro 6.3. Datos de la carga explosiva anterior	74
Cuadro 6.4. Datos de la carga explosiva optimizado	74
Cuadro 6.5. Resumen de costos de perforación y voladura anterior y actual	75
Cuadro 6.6. Resumen de resultados comparativos de perforación y voladura	77
Cuadro 6.7 Resultados comparativos de carguío acarreo	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Malla de perforación anterior	29
Figura 2.2 Malla de perforación optimizado	29
Figura 5.1 Diseño de arranque	51
Figura 5.2 Diseño de malla de perforación	54
Figura 5.3 Diseño de la nueva malla de perforación optimizado	60
Figura 6.1 Resultados comparativos de costos	76
Figura 6.2 Resultados comparativos de voladura	78
Figura 6.3 Resultados comparativos de perforación	78
Figura 6.4 Resultados comparativos de carguío y acarreo	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01 Ubicación de by pass San Ignacio	87
Anexo 02 Equipo de acarreo	88
Anexo 03 Equipo de carguío	89

LISTA DE PLANOS

Plano 01 Plano topográfico subterráneo	90
Plano 02 Mapa geológico	91

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Optimización de avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio mediante la evaluación de operaciones unitarias en la Minera J.S. Natividad – La Rinconada, tiene como objetivo mejorar el avance lineal mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo.

Para realizar el presente trabajo de investigación se ha considerado las bases teóricas y prácticas, siguiendo una metodología de la investigación. En su etapa inicial se ha analizado los costos de perforación, voladura, el diseño de la malla de perforación, carga explosiva utilizada, carguío y transporte en operaciones anteriores en el frente del by pass San Ignacio y posteriormente en la operación actual en base a pruebas se ha seleccionado un nuevo diseño de la malla de perforación y la carga explosiva adecuada, según las características del macizo rocoso, y también se ha mejorado el carguío y acarreo.

Para obtener los resultados óptimos se realizó los cálculos de perforación y voladura con diferentes diseños de malla de perforación, llegando a los siguientes resultados, antes de se ha utilizado 43 taladros de producción de longitud 5 pies con un consumo de explosivo de 19,68 kg/disparo y un avance lineal de 1,30 m, con un costo de 418,80 US\$/disparo y actualmente se utiliza 38 taladros de producción con un consumo de explosivos de 16,16 kg/disparo y un avance lineal de 1,37 m, con un costo de 383,35 US\$/disparo.

Palabras claves: Optimización, avance lineal, operaciones unitarias y evaluación.

INTRODUCCIÓN

La Minera J.S. Natividad de la Corporación Minera Ananea S.A. actualmente, se está realizando el by pass San Ignacio, las actividades de perforación y voladora constituyen una de las etapas más importantes para su ejecución y es necesario tener mucha atención en : el diseño de la malla de perforación, voladura y costos para alcanzar los mejores resultados en el desarrollo del by pass , considerando estos fundamentos se desarrolla esta tesis titulado : optimización de avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio mediante la evaluación de operaciones unitarias en la minera J.S. Natividad -La Rinconada.

En la actualidad para el desarrollo del by pass de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada , se tiene problemas de avance lineal y altos costos en perforación y voladura, por lo que se ha planteado como objetivo optimizar el avance lineal del by pass, mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo , diseñando una nueva malla de perforación y selección de carga explosiva según las características del macizo rocoso del by pass, en su ejecución se ha considerado el tipo de corte , número de taladros, burden, espaciamiento, el tiempo de perforación por taladro y la carga explosiva a utilizar en el nuevo diseño de la malla de perforación y también se ha considerado mejorar el sistema de carguío y acarreo para lograr los objetivos planteados en el trabajo de investigación.

En el trabajo de investigación se ha considerado cinco capítulos, en el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, en el Capítulo II, se desarrolla el fundamento teórico analizando las bases teóricas y definiciones conceptuales para realizar el trabajo de investigación, en el Capítulo III, se describe la metodología de la investigación, y la operacionalización de variables, en el Capítulo IV se desarrolla el ámbito de estudio, Capítulo V se realiza la evaluación de las operaciones unitarias en el by pass San Ignacio y en el Capítulo VI, se desarrolla pruebas y resultados del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad del problema

El operador minero J.S. Natividad, viene desarrollando el by pass San Ignacio para evacuar el desmonte como resultado de la explotación del yacimiento aurífero del nivel 5103 m.s.n.m. de la zona de La Rinconada.

El by pass San Ignacio tiene una sección de 3,50 m de ancho por 3,00 m de altura y una longitud trazada de 500 m.

Durante la ejecución en su etapa inicial de 100 m de longitud se ha realizado las evaluaciones de las operaciones de perforación, voladura, carguío y acarreo encontrando una serie de deficiencias en avances lineales,

- a) Fragmentación, excesivo consumo de explosivos y accesorios de voladura, mala distribución de taladros,
- b) Sistema de carguío y transporte se ha utilizado mayor tiempo, ocasionando altos costos de operaciones unitarias para el desarrollo del by pass.

En la ejecución de operaciones de minado subterráneo es de mucha importancia el diseño de la malla de perforación, la selección del explosivo a utilizar y el sistema de carguío y transporte en una labor minera.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo optimizamos el avance lineal mediante la evaluación de operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad -La Rinconada?

1.2.2 Problemas específicos:

- a) ¿Cómo optimizamos las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada?
- b) ¿Cuál debe ser el diseño de la malla de perforación óptima para la carga explosiva adecuada en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada?
- c) ¿Cómo optimizamos el carguío y acarreo en la construcción by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el avance lineal mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad –La Rinconada.
- b) Diseñar la malla de perforación y determinar la carga explosiva adecuada en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.

- c) Optimizar el sistema de carguío y acarreo en la construcción by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad –La Rinconada.

1.4 Justificación de la investigación

La zona en estudio posee gran potencial de reservas auríferas para su explotación y actualmente más de 25 Operadores Mineros tienen problemas para evacuar el desmonte como tal es necesario realizar el desarrollo del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad, el mismo que será de mucho beneficio para los operadores mineros y para la Empresa Minera para obtener mayor rentabilidad a bajos costos de perforación y voladura con el diseño de una malla de perforación y selección de carga explosiva adecuada según las características del macizo rocoso.

El proyecto de investigación se justifica plenamente en su ejecución y es de mucha importancia, que servirá como modelo para otros operadores Minero.

1.5 Limitaciones del estudio

El presente trabajo de investigación no tiene limitaciones en el proceso de su ejecución, se tendrá el apoyo de la empresa minera.

La empresa posee recursos económicos para realizar el trabajo de desarrollo del by pass para la empresa.

1.6 Viabilidad del estudio

El trabajo de investigación está íntegramente relacionado con la actividad minera y es una fuente de desarrollo económico y social del país y la región de Puno.

Conociendo su grado de importancia es viable su ejecución de acuerdo a nuevos métodos y avances de la tecnología minera, se cuenta con recursos económicos y recursos humanos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes de la investigación

Chahuares Sairitupa Felix Cepriano (2012), en su tesis: Nuevo diseño de la malla para mejorar la perforación y voladura en proyectos de explotación y desarrollo, Mina EL COFRE. Concluye que con el nuevo diseño de malla de perforación se ha reducido el número de taladros, de 41 taladros a 36 taladros, siendo la profundidad del taladro de 1,45 metros y en la voladura se ha reducido el consumo de explosivo de 18 kg/disparo a 1,51 kg/disparo. Con respecto al costo de explosivos se reduce de 57,89 US \$/disparo a 50,10 US \$/disparo.

Chambi Flores Alan (2011), en su tesis: "Optimización de perforación y voladura en la ejecución de la rampa 740 – Unidad VINCHOS – VOLCAN S.A.A., “Cerro de Pasco”. Concluye que la optimización obtenida en perforación y voladura en la ejecución de la rampa 740, de la Unidad VINCHOS del Cerro de Pasco, es reducir dos taladros por frente y ahorrar 8,00 kg de explosivo por disparo.

Carreón Q. Juvenal (2001), en su tesis: Optimización de Perforación y Voladura en la Rampa Principal 523 sistema mecanizado mina San Rafael, Universidad Nacional del Altiplano, como resultado establece que el número de taladros de 60 (antes de optimizar) se redujo a 48 (en la etapa final optimizado) y taladros cargados de 56 a 44 respectivamente. En consecuencia el consumo de explosivos también bajo de 132,72 a 103,70 kg/disparo.

2.2 Bases teóricas

Se aplicará las siguientes; teorías, técnicas, y prácticas operativas, según los textos analizados para la investigación.

2.2.1 Diseño de la malla de perforación y cálculo de carga-manual EXSA

- **Avance del disparo.** Está limitado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros de carga que debe mantenerse por debajo del 2%, los avances promedios y deben llegar al 95% de la profundidad del taladro L, esto es: (EXSA, 2001).

$$L = 0,15 + 34,10 \times D_2 - 39,40 \times D_2^2$$

$$D_2 = 0,95 \times L$$

Donde:

L = Profundidad del taladro (metros)

D_2 = Diámetro del taladro de alivio (metros)

Cuando se utilizan arranques con varios taladros vacíos en lugar de uno solo entonces la ecuación anterior sigue siendo válida si:

$$D_2 = \sqrt{n} \times D_1$$

Donde:

D_2 = Diámetro de taladro de alivio equivalente

n = Número de taladros vacíos en el arranque

D_1 = Diámetro del taladro a cargar

2.2.2 Cálculo de la profundidad del taladro según R. Holmberg

$$L = 0,15 + 34,10 \times D_2 - 39,40 \times D_2^2$$

$$I = 0,95 \times L$$

Donde:

I = Avance de la voladura (metros)

L = Profundidad de los taladros a perforarse (metros)

- **Número de taladros**

El número de taladros requeridos para una voladura subterránea depende del tipo de roca a volar, del grado de confinamiento del frente, del grado de fragmentación que se desea obtener y del diámetro de las brocas de perforación disponibles; factores que individualmente pueden obligar a reducir o ampliar la malla de perforación y por consiguiente aumentar o disminuir el número de taladros calculados teóricamente. Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante la siguiente fórmula empírica (EXSA, 2001). (ver Cuadro 2.1, 2.2)

$$N^{\circ} \text{ Tal.} = 10 \times \sqrt{(A \times H)}$$

Donde:

A = Ancho de labor

H = Altura de labor

En forma más precisa con la relación:

$$N^{\circ} \text{ Tal} = (P/dt) + (K \times S)$$

Donde:

N° Tal = Número de taladros

P = Circunferencia o perímetro de la sección de labor en metros, que se obtiene con la fórmula:

$$P = 4\sqrt{S}$$

dt = Distancia entre los taladros de la circunferencia o periféricos.

K = Coeficiente o factor de la roca

S = Sección de labor

Cuadro 2.1 Relación de la dureza de la roca con la distancia

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Roca dura	0,50 a 0,55
Roca intermedia	0,60 a 0,65
Roca suave o friable	0,70 a 0,75

Fuente: Manual práctico de voladura EXSA – 2001

Cuadro 2.2 Relación de la dureza de la roca con el coeficiente

Dureza de roca	Coefficiente de roca (m)
Roca dura	2,00
Roca intermedia	1,50
Roca suave	1,00

Fuente: Manual práctico de voladura EXSA – 2001

- **Cálculo de burden, R. Holmberg:**

$$B = 1,50 \times D$$

Cálculo para primer burden y sección, la distancia entre el taladro central de alivio y los taladros de la primera sección no debería exceder de $1,70 \times D^2$ (D^2 es el diámetro del taladro de alivio y $D1$ el de producción) para obtener una fragmentación y salida satisfactoria de la roca. Las condiciones de fragmentación varían mucho, dependiendo del tipo de explosivo, características de la roca y distancia entre los taladros cargados y vacíos.

Para un cálculo más rápido de las voladuras de túnel con cortes de taladros paralelos de cuatro secciones se puede aplicar la siguiente regla práctica: Una regla práctica para determinar el número de secciones es que la longitud del lado de la última sección B sea igual o mayor que la raíz cuadrada del avance, como se puede apreciar en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Cálculo de sección y burden

Sección del corte	Valor de burden	Lado de la sección
Primera	$B1 = 1,50 \times D2$	$B1 \times \sqrt{2}$
Segunda	$B2 = B1 \times \sqrt{2}$	$1,50 \times B2 \times \sqrt{2}$
Tercera	$B3 = 1,50 \times B2 \times \sqrt{2}$	$1,50 \times B3 \times \sqrt{2}$
Cuarta	$B4 = 1,50 \times B3 \times \sqrt{2}$	$1,50 \times B4 \times \sqrt{2}$

Fuente: Manual práctico de voladura-EXSA (2001) edición especial

2.2.3 Distribución de la carga

a) Movimiento de roca

$$\text{Volumen (V)} = S \times L$$

Donde:

V = Volumen de roca.

S = Dimensión de la sección, en m².

L = Longitud de taladros, en m.

$$\text{Tonelaje (t)} = V \times \rho$$

Donde:

V = Volumen de roca.

ρ = Densidad de roca, usualmente de 1,50 a 2,50.

b) Cantidad de carga

$$(Qt) = V \times \text{kg/m}^3$$

Donde:

$V =$ Volumen estimado, en m^3 .

$kg/m =$ Carga por m^3

c) Carga promedio por taladro

Qt/N° Tal.

Donde:

$Qt =$ Carga total de explosivo.

N° Tal.= Número de taladros.

En la práctica, para distribuir la carga explosiva, de modo que el corte o cual sea reforzado, se incrementa de 1,3 a 1,6 veces la carga promedio en los taladros del arranque, disminuyendo en proporción las cargas en los cuadradores y alzas (que son los que menos trabajan, ya que actúan por desplome).

d) Número de taladros por sección

N° Tal. = $(R/C) + (K \times S)$;

Donde:

$R =$ Circunferencia de la sección en metros

$C =$ Distancia entre los taladros de circunferencia en metros

0,50 Para roca dura

0,60 Para roca intermedia (andesita por ejemplo)

0,70 Para roca blanda

S = Dimensión de la sección en m².

K = Coeficiente de roca

2 Para roca dura.

1,50 Para roca intermedia.

1 Para roca blanda.

e) Cantidad de carga (factor)

De acuerdo a las secciones del túnel y dureza de la roca, se obtiene el promedio en kg de explosivo utilizado por m³ de roca movida para cada metro de avance, teniéndose los siguientes casos para roca intermedia. (ver Cuadro 2.4)

(a) 1 a 5 m² : 2,20 a 1,80 kg/m³

(b) 5 a 10 m² : 1,80 a 1,40 kg/m³

(c) 10 a 20 m²: 1,40 a 1,00 kg/m³

(d) 20 a 40m²: 1,00 a 0,80 kg/m³

Cuadro 2.4 Constante de tipo de roca.

TIPO DE ROCA	CONSTANTE
Roca muy dura	1
Roca dura	1,50
Roca intermedia	2
Roca suave	2,50
Roca muy suave	3

Fuente: Manual práctico de voladura EXSA – 2001

2.2.4 Modelos de fragmentación y voladura de rocas

A. Proceso de fracturamiento

La fragmentación de rocas por voladura comprende a la acción de un explosivo y a la consecuente respuesta de la masa de roca circundante, involucrando factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión, mecánica de rocas y otros, en un rápido y complejo mecanismo de interacción.

Una explicación sencilla, comúnmente aceptada estima que el proceso ocurre en varias etapas o fases que se desarrollan casi simultáneamente en un tiempo extremadamente corto, de pocos milisegundos, durante el cual ocurre la completa detonación de una carga confinada, comprendiendo desde el inicio de la fragmentación hasta el total desplazamiento del material volado, estas etapas son:

- Detonación del explosivo y generación de la onda de choque.
- Transferencia de la onda de choque a la masa de la roca iniciando su agrietamiento.
- Generación y expansión de gases a alta presión y temperatura que provocan el fracturamiento y movimiento de la roca.
- Desplazamiento de la masa de roca triturada para formar la pila de escombros o detritus.

B. Fragmentación de la roca

Este mecanismo aún no está plenamente definido, existiendo varias teorías que tratan de explicarlo entre las que mencionamos a:

1. Teoría de reflexión (ondas de tensión reflejadas en una cara libre).
2. Teoría de expansión de gases.
3. Teoría de ruptura flexural (por expansión de gases).
4. Teoría de torque (torsión) o de cizallamiento.
5. Teoría de caracterización.
6. Teoría de energía de los frentes de onda de compresión y tensión.
7. Teoría de liberación súbita de cargas.
8. Teoría de nucleación de fracturas en fallas y discontinuidades.

2.2.5 Carguío y acarreo en minería subterránea

El cargador y el medio de transporte o acarreo debe ser seleccionados de tal manera que cumplan con los requisitos de las operación. La industria minera está acostumbrada a tratar con grandes volúmenes de material. En el proceso de selección de equipos para carguío y acarreo, inicialmente es necesario determinar los requisitos de producción del sistema. Generalmente, estos requisitos se expresan en unidades de peso o volumen por unidad de tiempo.

Una vez que se conocen los requisitos de producción, pueden desarrollarse varias combinaciones de equipos y secuencias de operación, las que son diseñadas para producir el volumen requerido de material. Los sistemas más simples de manipuleo de materiales involucran volúmenes discretos de material producidos por una sola máquina en un ciclo de tiempo bien definido.

El ingeniero necesita de bastante criterio para desarrollar los planes iniciales de carguío y acarreo ya que es imposible evaluar cada sistema que puede satisfacer los requerimientos de producción. La selección de un sistema de carguío y acarreo se basa en consideraciones de seguridad y en una evaluación económica dirigida a la consecución de producción a un costo mínimo por unidad producida.

2.2.6 Estudio de performance de flota de carguío y acarreo

1. Performance de la máquina.

La performance de la máquina usualmente se mide en base horaria en término de productividad de la máquina y de costos de posición y operación de máquina. Una óptima de performance de maquina puede expresarse como:

$$\text{Costo mínimo por tonelada} = \frac{\text{Costo horario mínimo posible}}{\text{Productividad horaria máxima posible}}$$

2. Producción.

Es el volumen o peso total de material a ser manipulado en una operación específica. Puede referirse ya sea al mineral económico a ser producido o al material de desmonte. La producción de mineral se da más frecuentemente en unidad de peso, mientras que la roca de desmonte es expresada en unidades de volumen. es común es referirse a la producción diaria, mensual, anual.

3. Tasa de producción

Es el volumen o peso teórico de producción de una maquina por unidad de tiempo. se expresa en una base horaria, puede expresarse en otras unidades de tiempo tales como una guardia o un día. La producción es la tasa horaria a la cual el material es movido.

En la mayoría de aplicaciones de movimiento de tierra la producción se calcula multiplicando la cantidad de material movida por ciclo por el número de ciclo por hora.

$$\text{Producción} = \text{carga/ciclo} \times \text{ciclo/hora}$$

4. Productividad.

Es la producción real por unidad de tiempo cuando se considera todo los factores de eficiencia y otros de administración .puede ser también expresada como una tasa neta de producción o la producción por unidad de mano de obra y tiempo ejemplo tonelada /hombre guardia.

5. Eficiencia.

Es el porcentaje de la tasa estimada de producción que es realmente manipulada por una máquina .las deducciones en la tasa de producción puede estar relacionadas con la misma máquina, las condiciones del personal o del trabajo. El factor de eficiencia puede ser expresado en el número promedio de minutos trabajados efectivamente en una hora, divididos en sesenta minutos.

$$\text{Utilización productiva (\%)} = \text{Horas trabajadas/horas totales} \times 100$$

6. Disponibilidad.

Es un factor importante al programar los equipos es la disponibilidad de las unidades. Por ejemplo al programar una pala, un factor común de disponibilidad es de 80%; por lo tanto de cada 100 guardias 80 serán productivas y 20 serán tiempo muertos en reparaciones. Con este factor de disponibilidad, es apropiado programar, los nuevos equipos con mayor disponibilidad en área de prioridad más elevada. La disponibilidad es aquella porción de tiempo operativo programado en que una maquina esta mecánicamente lista para trabajar.

Hay dos métodos generales para calcular la disponibilidad del equipo:

La disponibilidad mecánica. Es el factor que muestra la disponibilidad del equipo a excepción del tiempo muertos solamente por factores mecánicos.

Disponibilidad física. Es la disponibilidad operacional total, la que considera los tiempos muertos por cualquier motivo.

7. Utilización.

Es aquella porción del tiempo disponible que la maquina realmente trabaja.

8. Capacidad.

Se refiere al volumen del material que una máquina de carguío o acarreo puede soportar en cualquier punto en el tiempo por ejemplo (el volumen de la cuchara de una máquina de carguío o la tolva de un camión), la capacidad se clasifica en:

Capacidad de ras: el volumen de material en una unidad de carguío o acarreo cuando está llena hasta el tope, pero sin material por encima de los lados o acarreo en cualquier parte añadida del equipo.

Capacidad colmada: el volumen máximo de material que una unidad de carguío acarreo puede manipular cuando el material esta colmado por encima de los lados. Si bien la capacidad al ras es constante en cualquier unidad, la capacidad colmada es una función de las propiedades del material y de la forma de la unidad.

9. Capacidad nominal.

Es la carga de una máquina que puede llevar en términos de peso. la mayoría de las máquinas están diseñadas para llevar un determinado peso más que un volumen. Por lo tanto, el volumen del material manipulado dependerá de la densidad del material y para cada máquina varía de acuerdo con la densidad mientras que el peso máximo es constante y está en función de la resistencia de los componentes de la máquina.

10. Factor de esponjamiento.

Es el incremento fraccional en el volumen de material que ocurre cuando este es fragmentado y removido de su estado natural (volumen en banco) y depositado en un estado suelto (volumen suelto).puede ser expresado ya sea como una fracción decimal o como un porcentaje.

11. Factor de llenado del cucharón.

Es un ajuste a la capacidad del cucharon de una máquina de carguío. Esta expresado generalmente como un decimal y corrige la capacidad de la cuchara para obtener el volumen real que esta mueve al tomar en consideración las características de apilamiento de material, el ángulo de reposo y la habilidad del operador para llenar el cucharón.

12. Ciclo de operación

Es el proceso de minado que se describe con un ciclo de operación unitaria. La operación unitaria de carguío y transporte que puede ser dividida en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones. Los componentes más comunes de una unidad de transporte que son de Carga, transporte, descarga y retorno. Desde punto de vista de selección de equipo o planteamiento de producción, la duración de cada componente de este ciclo de vital importancia. La suma de los tiempos para un ciclo completo es denominada el tiempo de ciclo.

13. Estudio de tiempos.

A fin de determinar la producción, se debe determinar el número de viajes completos que una unidad realiza en una hora.

Primero se optimiza el ciclo de operación de la unidad con la ayuda de un cronómetro, se toma el tiempo de varios ciclos completos a fin de llegar a un promedio del tiempo de ciclo.

Al permitir que el cronómetro que corra continuamente, se pueden registrar por cada ciclo diferentes segmentos del tiempo, con el tiempo de carga, tiempo de espera. Al conocer los segmentos individuales del tiempo proporciona una buena oportunidad de evaluar el balance de distribución y la eficiencia del trabajo.

Los números en las columnas blancas significan lecturas al para el cronómetro, en las columnas sombreadas son valores calculados. Esto puede ser fácilmente extendido para incluir otros segmentos del ciclo tales como. Tiempo de acarreo, tiempo de descarga, se pueden desarrollar formatos similares para otros equipos.

El tiempo de espera es el tiempo que unidad debe esperar, de tal manera ambas puedan realizar el trabajo conjuntamente.

El tiempo de demora es cualquier otro tiempo que no sea de espera cuando una máquina que no está desarrollando su tiempo de trabajo.

El tiempo de ciclo puede o no incluir los tiempos de espera y /o demoras.

2.3 Bases conceptuales (ver Figura 2.1, 2.2)

1) Diseño de malla.

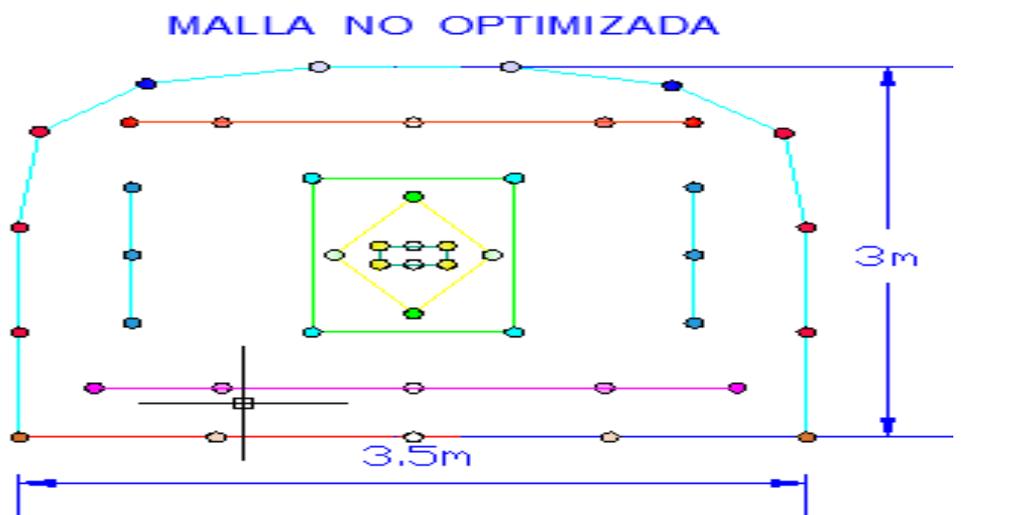


Figura 2.1 Malla de perforación anterior

Fuente: Minera J.S. Natividad

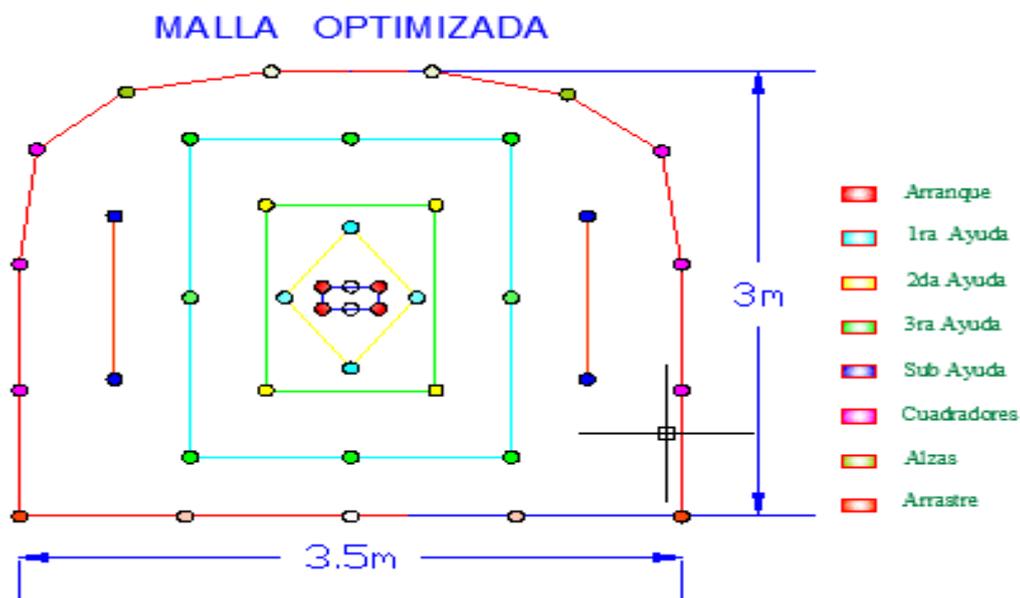


Figura 2.2 Malla de perforación optimizada

Fuente: Minera J.S. Natividad

2) Geomecánica del macizo rocoso

La clasificación de los macizos rocosos están basados en algunos o varios factores que determina su comportamiento mecánico.

- Propiedad de matriz rocosa.
- Tipo y frecuencia de discontinuidades, que determine el grado de fracturamiento, el tamaño y forma de los bloques de macizo rocoso.
- Grado de meteorización o alteración.
- Estado de tensiones in situ.
- Presencia de agua.

En el proyecto sobre este aspecto no se utiliza ninguna clase de mecánica de rocas por situaciones de laboratorio y a la vez la roca es competente para desarrollo de trabajos subterráneos, (Condori Apaza Edilberto – 2010).

3) Selección de explosivo

Para seleccionar un explosivo con propiedades físicas que identifican a cada explosivo y que se emplean para seleccionar el más adecuado para una determinada voladura y son los siguientes:

- Potencia relativa
- Brisance o poder rompedor
- Simpatía o aptitud a la transmisión de la detonación
- Densidad
- Velocidad de detonación
- Sensibilidad
- Estabilidad
- Sensibilidad al calor
- Sensibilidad al golpe
- Categoría de humos
- Resistencia al agua

4) Selección de equipo de carguío

Un scoop de 2 yd³ Wagner ST-2D es un vehículo trackless de bajo perfil, para carga y acarreo de minerales, diseñado sobre todo para realizar trabajos en minas subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio: En minería subterránea, especialmente en la pequeña y mediana minería, los túneles se caracterizan por ser de baja altura y angostos, lo que impide el ingreso de vehículos mineros de grandes dimensiones.

Pueden desplazarse en reversa con la misma facilidad con la que avanzan, lo que les permite ingresar y salir de túneles angostos o sin espacio para girar.

(Herrera Quispe Miguel – 2008)

5) Selección de equipo de transporter

Es fundamental conocer el tipo de trabajo a realizar, ya que permite determinar las características técnicas que debe cumplir el equipo dumper -FCY 6 TM , la cual deben ser evaluados.(Lázaro Agustín Emilio-1996)

- La ubicación geográfica de la mina
- Las condiciones climáticas
- La presencia de nivel freático
- Las características del material a trabajar
- Tiempo de vida de la mina o proyecto
- Sección de equipo dumper 5,00 x 1,70

6) Perforación

Para realizar la voladura es necesario efectuar el confinamiento del explosivo, para esto es necesario perforar la roca a esta operación de agujerea en la roca se le denomina perforación y a los agujeros se le conoce con el nombre de taladros, usualmente cuanto más suave es la roca más es la velocidad de penetración, por otro lado cuanto más resistente sea a la compresión, mayor fuerza y torque serán necesarios para perforarla.

La perforación se basa en concentrar una cantidad de energía en una pequeña superficie, para vencer la resistencia de la roca, aprovechando el comportamiento a la deformación de elástico - frágil que ellas presentan.

Es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos, o blasthole.

7) Malla de perforación

Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su dirección con la profundidad de taladros.(Frisancho Triveño, Giovanni-2006)

8) Método subterráneo

Excavación natural o hechas por el hombre debajo de la superficie de la tierra.

9) By pass

Labor subterránea para crear un acceso al costado de una veta o cuerpo mineralizado.

10) Frente

Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura.

11) Parámetros

Se denomina así a los diversos ratios obtenidos en la práctica, a través de la observación en el lugar de trabajo.

12) Burden

Distancia desde el barrenado al frente libre de la roca, medida perpendicular al eje del taladro.

También denominado piedra, línea de menor resistencia a la cara libre. Es la distancia desde el pie o eje del taladro a la cara libre perpendicular más cercana. También la distancia entre filas de taladros en una voladura.

13) Explosivos

Son productos químicos que encierran un enorme potencial de energía, que bajo la acción de un fulminante u otro estímulo externo reaccionan instantáneamente con gran violencia.

Se fabrican con diferentes potencias, dimensiones y resistencia al agua, según se requiera.

14) Taladros de arranque

Son taladros perforados y cargados; primero en ser chispeados para generar una cara libre.

15) Factor de carga (kg/m^3)

Es la cantidad de explosivo usada por m^3 de roca volada o kg de explosivo/ TM - roca volada.

16) Sensibilidad

Habilidad de un explosivo para propagarse a través de la columna explosiva, también controla el diámetro crítico en el cual el explosivo trabaja adecuadamente.

17) Macizo rocoso

Es el conjunto de los bloques de la matriz rocosa y de las discontinuidades.

18) Voladura

Es un fenómeno físico químico de la mezcla explosiva que al explosionar rompe un trozo de roca o mineral.

19) Cancha de desmonte

Lugar descampado amplio en la superficie y donde se deposita el mineral sin valor que se extrae del interior de la mina.

20) Mina trackless

Mina subterránea mecanizada donde se trabaja con maquinaria pesada o maquinaria sobre ruedas como scoop, dumper y volquetes.

21) Supervisor

Persona que tiene el máximo cargo en la rama de empleados; se encarga de ver si las labores se han realizado de acuerdo al programa de trabajo.

22) Ventilación

Acción mediante la cual se activa un conjunto de medios para permitir la entrada de aire a la mina, puede ser por instalación de chimeneas, mangas o ventiladores. Puede ser natural o mecánica.

23) Tiempo muerto

Tiempo improductivo, no aprovechado en el trabajo que se realiza en la mina durante el cual permanece inactiva la máquina.

24) Scoop

Máquina de forma cuadrangular como un pequeño cargador frontal que sirve para acarrear mineral o desmonte.

25) Equipo trackless

Maquinaria que se desplaza sobre ruedas, como el scoop, dumper.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Mediante la optimización de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo se mejorará el avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.

2.4.2 Hipótesis específicos

- a) La optimización de las operaciones unitarias nos permite identificar el desarrollo de cada una de las operaciones de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.
- b) Diseñando: la malla de perforación y determinando la carga explosiva adecuada nos permitirá incrementar el avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.
- c) Mediante el control de tiempos se optimizará las operaciones de carguío y acarreo de material roto en la construcción del by pass.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño metodológico

Según la naturaleza del trabajo de investigación y por las características del estudio es de tipo descriptivo y a nivel básico, el estudio se refiere a la optimización de avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en el nivel 5103 m.s.n.m. de la Minera J.S. Natividad- La Rinconada.

La Minera J.S: Natividad actualmente viene realizando los trabajos de perforación, voladura, carguío y transporte en el desarrollo del by pass San Ignacio.

La metodología consiste en evaluar todos los procesos de desarrollo de perforación, voladura, carguío y transporte en el desarrollo del by pass San Ignacio, el control de operaciones mineras se realizará en 20 turnos, en donde se analizará el tipo de trazo, número de taladros, explosivos utilizados, fragmentación de la roca, avance lineal y el sistema de carguío y acarreo.

Posteriormente en el trabajo de investigación se diseñará una nueva malla de perforación, selección de explosivos y el control de tiempos en el sistema de carguío y acarreo, las pruebas se realizarán en 20 turnos considerando los siguientes parámetros: Burden, espaciamiento, el tipo de trazo, distribución de taladros, la carga explosiva utilizada, avance lineal y el tiempo de carguío y acarreo de mineral.

Finalmente se realizará la comparación del avance lineal anterior y actual en la construcción del by pass San Ignacio del Nivel 5103 m.s.n.m. de la Minera J.S. Natividad - La Rinconada.

El método de análisis de datos se ha realizado mediante la estadística descriptiva que consiste en la aplicación de técnicas para expresar los resultados mediante el gráfico de barras para su análisis e interpretación de los datos de la investigación.

3.2 Población

La población del trabajo de investigación está constituida por las labores de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada

3.3 Muestra

La muestra está constituido por el frente del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.

3.4 Unidad de muestreo

La unidad de muestreo es el grado de fragmentación, volumen obtenido, tonelaje, avance lineal, kilogramos de explosivos utilizados, el tiempo de carguío y acarreo de mineral.

3.5 Operacionalización de variables

3.5.1 Variable independiente

El macizo rocoso y características geométricas de frente de by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad.

3.5.2 Variable dependiente

Mejoramiento del avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad. (ver Cuadro 3.1)

Cuadro 3.1 Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: El macizo rocoso y características geométricas de frente de by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad.	<ul style="list-style-type: none"> - Dureza - Tipo de roca - Diseño de la sección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Roca dura, semidura y suave - Roca Ígnea, Sedimentaria, - Metamórfica. - Metros
Variable dependiente: Optimización del avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad.	<ul style="list-style-type: none"> - Avance lineal - Diseño de malla - Carga explosiva - Granulometría - Tiempo de carguío - Tiempo de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> - Metros - N° de taladros - kg - mm - Minutos - Minutos

Fuente: Elaboración propia

3.6 Técnicas de recolección de datos

Es muy importante determinar que técnicas se aplicarán, como el análisis estadístico y porcentual, la observación del disparo y el grado de fragmentación obtenido en la voladura del frente de by pass San Ignacio.

3.6.1 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados para el estudio son la liquidación mensual para verificar el avance del desarrollo de by pass San Ignacio, el reporte diario de

operación, reporte mensual de operación y la toma de fotografías para evaluar la voladura.

1. Reporte diario de operación.

- Avances lineales
- Consumo de explosivos
- Granulometría
- Taladros disparados

2. Reporte mensual de operación.

- Labor disparada.
- Explosivo utilizado.
- Número de taladros.
- Número de horas operadas de los equipos.

3. Técnicas para el procesamiento de la información.

Se aplicarán instrumentos y procedimientos de acuerdo a lo siguiente.

- Cuadros estadísticos.
- Revisión de los datos.
- Control de la eficiencia de perforación y voladura.

CAPÍTULO IV

ÁMBITO DE ESTUDIO

4.1 Generalidades

El by pass San Ignacio del nivel 5 103 m.s.n.m. de la Minera J.S. Natividad de la Corporación Minera Ananea S.A.

4.1.1 Ubicación

La Minera J.S. Natividad de la Corporación Minera Ananea S.A., se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Ananea, provincia San Antonio de Putina, departamento de Puno a una altura aproximada 5103 m.s.n.m, está conformado por las concesiones mineras llamadas Ana María I, Ana María III.

La coordenada UTM del punto central de referencia es la siguiente:

Este	:	452 205,00
Norte	:	8 383 034,00
Altitud promedio	:	5 103 m.s.n.m.

4.1.2 Accesibilidad

Desde la capital de la República - Lima, se accede mediante vía terrestre y aérea, hasta la ciudad de Juliaca, y desde la capital de la Región Puno. Siendo la ruta más accesible, comercial y transitada la que se presenta en el Cuadro 4.1

Cuadro 4.1 Ruta de acceso a la Unidad Minera J.S. Natividad.

Origen	Destino	Distancia	Tipo de carretera	Tiempo de viaje
Puno	Juliaca	45	Asfaltada	52 Minutos
Juliaca	Huatasani	71,6	Asfaltada	80 Minutos
Huatasani	Putina	20,0	Asfaltada	23 Minutos
Putina	Quilcapunco	15,0	Asfaltada	16 Minutos
Quilcapunco	Pampilla	40,0	Asfaltada	45 Minutos
Pampilla	Ananea	11,0	Trocha	23 Minutos
Ananea	La Rinconada	7,5	Trocha	16 Minutos
Distancia total Puno-Mina La Rinconada = 210,10 kilómetros				
Tiempo aproximado de viaje = 4 horas 15 minutos				

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de viaje dura 4 horas y 15 minutos en promedio, según las condiciones de la ruta, del vehículo y el clima.

4.1.3 Fisiografía y recursos naturales

La mina presenta un relieve accidentado, con predominancia de estructuras de pizarra de los cerros San Francisco, Lunar y de los nevados Ananea; sobre el relieve de pizarra hay depósitos menores cuaternarios de grava y morrenas producto del deshielo glacial, también por toda la zona son predominantes la acumulación de desmontes y cantos de pizarra producto de la erosión natural, y gran cantidad de desmontes producto de la intensa actividad minera de más de 450 labores artesanales y semi-mecanizadas trabajadas desde años atrás y del presente.

4.1.4 Clima

El clima es muy frío y seco propio de la región Janca o Cordillera, caracterizado por Tres temporadas definidas las cuales son: temporada de heladas de Mayo a Julio, temporada de vientos de Agosto a Octubre y temporada de nevadas de Noviembre hasta Abril; la temperatura media anual es de 8°C, registrando máximas de 20°C y mínimas de -27°C.

4.1.5 Flora y fauna

La mina presenta flora escasa, en las faldas de los cerros crece el ichu, y algunos musgos y líquenes, en la zona de desarrollo de la presente tesis prácticamente no hay flora alguna; en Fauna llegan a la zona algunas aves estacionales como las gaviotas, ratones, y gorrión andino pero en poblaciones ínfimas.

4.2 Interpretación geológica del yacimiento

4.2.1 Geología regional

La parte S-E del Perú, la cordillera oriental muestra una alineación geomorfológica y estructural de NW-SE, la zona en estudio (La Rinconada) se encuentra emplazado en el flanco oriental, perteneciente a la vertiente del Atlántico y las depresiones longitudinales de valles glaciares fluvio-glaciares del terciario superior y cuaternario inferior.

Las rocas más antiguas en el extremo N-E de la provincia de San Antonio de Putina y la mayor parte de la provincia de Sandia; consisten en una secuencia de pizarras y lutitas del paleozoico sobre la que se han depositados las areniscas y calizas del cretácico y cubriendo las formaciones anteriores por una extensa formación de ignimbritas del terciario y depósito aluviales glaciares del cuaternario.

Las rocas del paleozoico ocupan toda la cordillera de Carabaya extendiéndose al Este de la cuenca del río Inambari y la borde cubriendo las estribaciones del Altiplano. Las rocas del mesozoico aparecen hacia la cuenca del Titicaca con interrupciones cubiertas por formaciones del cenozoico y reciente.

4.2.2 Geología local

a) Paleozoico medio

El área que abarca el yacimiento aurífero Ana María se observa afloramientos consistentes en lutitas y pizarras que conforman la parte superior de la formación; generalmente tienen un rumbo promedio NE – SE con buzamiento de 10° a 20° al S-E.

En la zona del mapeo geológico, los estratos de lutitas y pizarras, afloran tanto en el sector Sur-Este donde se ubica la mina "Rinconada" y al sector Noreste se ubica la mina "Cerro Lunar de Oro", entre estos dos sectores o áreas importantes surge la presencia de la lengua glaciar.

Los afloramientos conspicuos de lutitas y pizarras están cortados por dos estructuras importantes, que son el dique San Pedro y el dique Tentadora, con rumbos promedios al NE a SE y con buzamiento al NE. También es importante mencionar la presencia de la veta Carmen que presenta un rumbo NE a SE y su buzamiento es ligeramente hacia el S-W.

Estos horizontales de lutitas y pizarras pélvicas y silícicos son de grano medio, de color gris oscuro a negro, su textura varía de una sección a otra. Todo ello tal vez se deba al hecho de se han depositado en cuencas intercontinentales separados o parcialmente conectados, bajo diferentes condiciones de sedimentación.

En la formación Ananea ocurren capas de cuarzo e interestratificados en los estratos de lutitas y pizarras, con posible mineralización precámbrica consistentes en oro (Au) y otros minerales de menor importancia.

b) Rocas intrusivas del Paleozoico superior

Las rocas intrusivas en el área se ven representados por los diques Tentadora, San Pedro que al margen Oeste de este dique se observan "Ministocks" a apófisis intrusivos.

En el sector, donde se ubica el Cerro San Francisco con coordenadas y cotas absolutas; al lado de este cerro se observa la posible ubicación de Stocks, ello se debe al afloramiento inconspicuo de este cuerpo intrusivo, tal como se representa en el plano geológico superficial.

Litológicamente hablando consisten en intrusivos de naturaleza granítica – diorítica, de estado amorfo; los diques que afloran en el área se presentan en superficie meteorizada de un color gris oscuro a rojizo y en superficie fresca es de color blanco lechoso.

Tanto en el sector SE-NE afloran los diques San Pedro, Tentadora y la veta Carmen, siendo su potencia promedio del dique San Pedro de 400 m. y de la Tentadora de 0,40 m. en dichos sectores la veta Carmen se presenta en forma ramificada o "cola de caballo", que consiste en vetillas de cuarzo con alto contenido de iones de oro libre con un ancho promedio de 0,01 m., otra estructura importante la veta poderosa que se ubica en el lado Sur de Cerro San Francisco.

Es importante resaltar la presencia del "Stock Works" tanto en sector SE y NE de la Mina Ana María, la que es de mucha importancia por su contenido y por causar el enriquecimiento de los mantos, como un deposito mineralógico capa - filón – capa.

4.3 Geología estructural

Yacimiento Aurífero de Ana María ha sido afectado por tectonismo euherciniano, del tipo intercontinental con una fase comprensiva y que siguió a un régimen de distensión en el Ordovísico – Silúrico – Devónico.

El periodo posttectónico del permo-trías, están asociado al fracturamiento cortical con probable distensión que produjo una tectónica de bloques y un magmatismo alcalino más rico en cuarzo y álcalis.

El tectónico en el yacimiento juega un papel muy importante en cuanto a la concentración de oro libre en mantos auríferos, a continuación se describe el caso.

a) Diaclasamiento

Tanto los mantos cuarcíferos así como los estratos de lutitas y pizarras han sido afectados por este fenómeno tectónico, observándose en la superficie e interior mina bloques de forma irregular, este fenómeno está relacionado a los inicios de sedimentación.

b) Plegamiento

Es otro tipo de los fenómenos importantes que ocurren en el yacimiento, es muy notorio que los plegamientos se presentan a manera de flexuras-anticlinales y sinclinales que son productos de fuerte movimiento horizontales que han afecto a los estratos de lutitas y pizarras. En el sector de Lunar de Oro se observa claramente el eje del anticlinal asimétrico con rumbo NE-SE, pero en el sector Cerro San Francisco se puede observar un anticlinal asimétrico con un rumbo NW-SW.

c) Fallamiento

El fallamiento en el yacimiento está relacionado con un periodo anterior al permo-trías consecuentemente con fallas pre-mineralizantes. Las fallas: San Andrés, Esperanza, Carmen y Lunar de Oro se orientan hacia NW-SE, de bajo ángulo con desplazamiento vertical.

Otros sistemas de fallas importantes son: San Francisco, Norma y Virginia que completan un cuadro tectónico de fallamiento transversal de rumbo NE-SW, estas fallas son casi verticales, con desplazamiento vertical.

En la región hubo metamorfismo general hercínico epizonal y un metamorfismo de extensión restringido de la misma edad de alta presión y temperatura relacionada a la intrusión de granitoides durante la compresión hercínica, Laubacher, Gerard. (1978).

En el área elevada de la cordillera oriental próximo al eje, afloran algunos cuerpos formados por cuarzo, plagioclasa y biotita cloritizada, dichos cuerpos son apófisis del batolito de Limbani. (Condori Apaza Edilberto – 2010)

4.4 Geología económica

4.4.1 Afloramiento

Tanto en la sección San Francisco principalmente en Ana María I, Ana María IV y en la sección Ana María III; afloran diferentes mantos de cuarzos auríferos con espesores que varían de 0,01 m. hasta 0,04 m., interestratificados entre los paquetes de pizarras de la formación Ananea. El rumbo general de los mantos es E-W y el buzamiento varía de 10° a 20° al SW los mantos reconocidos están separados unos de otros desde los 2 m. hasta los 70 m. el aspecto de los mantos es sensiblemente lenticular; la roca encajonante está débilmente alterada, generalmente una decoloración de las pizarras, a veces la pizarra está finamente piritizada.

En la sección de San Francisco ocurren hasta 23 mantos reconocidos, mientras que en la sección de Lunar de oro se observan 5 mantos.

4.4.2 Mineralización

La mineralización en Ana María se encuentra en mantos y relleno de fracturas y microfracturas lo que se conoce con el nombre de "capa-filón-capá", siendo los primeros de mayor ocurrencia en el NW y SW (San Francisco y Lunar).

Estas fracturas y microfracturas con contenido de cuarzo y oro libre se entrecruzan y forman un enrejado, lo que en conjunto forman la zona de "Stock Work", esta zona importante enriquecida con oro libre se ubica entre el dique Tentadora y la veta Carmen.

El "Stock Work", se orienta con un eje NW-SE, a manera de una franja con un ancho promedio de 80 m. y una longitud no determinada en el extremo NW, por la presencia de nevados perpetuos, pero si determinado en el extremo SE, que partirá del "stock" intrusivo inconspicuo que estaría enclavo en el lado E del cerro San Francisco.

Otra zona de menor importancia económica, es la comprendida entre el dique San Pedro y dique Tentadora, donde la presencia de fracturas y microfracturas con contenido de cuarzo y oro libre es muy limitado y poco influyente en el enriquecimiento de los mantos más en cada zona se presentan lentes mineralizados de oro libre y estos se repiten a distancias irregulares.

Estos resultados indicaran la existencia de dos fuentes diferentes de soluciones mineralizantes, con probable removilización de la mineralización Pre-Cámbrica.

a. Fracturamiento

El esquema de fracturamiento está íntimamente vinculado con la historia ígnea local. El 80% de la mineralización está en la intersección de los mantos con las fracturas y microfracturas conteniendo cuarzo y oro libre. Generalmente se puede decir que hay dos etapas de fracturamiento.

- Un fracturamiento central o principal representado por fracturas y microfracturas con rumbos promedio NE-SE y NW-SW, originando un enrejado denominado "Stock Work" ligado a la segunda fase de mineralización.

- Otra etapa de fracturamiento es compleja y se presenta como ramificaciones o estructura cola de caballo constituido por microfracturas con cambio de rumbo y buzamiento ya sea en una vista vertical y horizontal.

b. Alteración hidrotermal

Del manto hacia afuera la alteración hidrotermal está representada por la cloritización, que son abundantes en el sector de Lunar y San Francisco.

c. Estructura de los mantos

La estructura externa importante es la lenticular o rosario, que son originales por fuerzas de compresión horizontal.

Las principales estructuras internas son: bandeamiento, coincide con los planos de estratificación, está configurada por una disposición irregular de granos.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES UNITARIAS EN EL BY PASS SAN IGNACIO

5.1 Objetivos de la construcción del by pass San Ignacio

- Labor de acceso para la explotación aurífera de los contratistas mineros
- Labor de acceso para la explotación de los mantos auríferos.

5.2 Parámetros para el diseño del by pass

- a) Sección: las dimensiones del by pass está en relación a la capacidad y tamaño del equipo a utilizar, y las características físicas del terreno y el tipo de minado y si ha determinado una sección de 3,50 m. x 3,00 m.
- b) Gradiente: La construcción del by pass tiene una pendiente negativo de -10%.
- c) Longitud: El proyecto de desarrollo de by pass tiene una longitud de 500 metros desde la galería principal hasta el botadero de San Ignacio. (ver anexo 01)

5.3 Instalaciones de servicios auxiliares en el by pass

- a) Aire: El aire comprimido en la mina se usa para realizar los trabajos de perforación y voladura y recorre toda la galería de desarrollo, desde el estacionamiento de la compresora hasta llegar al frente de avance de by pass La prolongación de la tubería de aire es de 2 pulgadas de diámetro hasta el tope de la galería para perforar los taladros con equipos tipo jack-leg modelo seco 250S.

- b) Agua: El agua es utilizado para perforación de taladros con jack-leg en el frente de la galería, y también es utilizado para el regado de material roto después de realizar la voladura en cada turno.
- c) Ventilación: La ventilación es mediante un ventilador tipo axial, donde el aire ingresa mediante mangas de ventilación de 36 pulgadas de diámetro y es colocado según el avance de la galería.
Los ventiladores son de 15 HPs que suministra el aire atmosférico desde la superficie.
- d) Sistema Eléctrico: La instalación del sistema eléctrico es mediante cables de alta tensión, desde una sub estación hacia el interior de la galería llegando a los frentes de operación a una caja Breaker desde allí se alimenta a todo labor la energía es de 440 v.

5.4 Perforación en el by pass San Ignacio

La perforación se realizó con equipo tipo jack – leg modelo seco 250S, con una longitud de 5 pies (1,52 m.) y broca de 38 mm.

La sección de la galería es de 3,5 m. x 3,00 m.

5.4.1 Tipo de corte

- **Corte quemado:** Como se observa en la Figura 5.1 , el corte consiste en perforar taladros paralelos un total de 6 taladros de los cuales 2 son de alivio, se usa generalmente en terreno duro, dejando taladros vacíos con la finalidad de que se constituyan en cara libre a fin de que la roca triturada se expanda hacia el espacio libre.

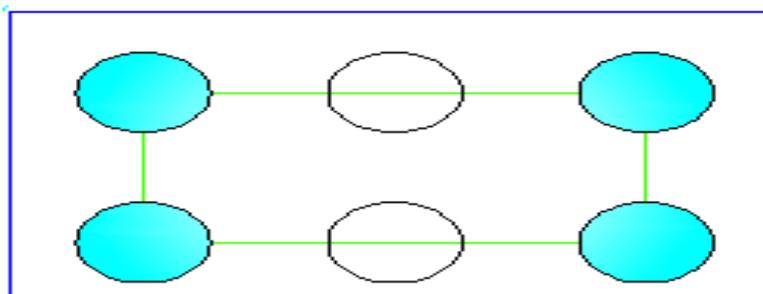


Figura 5.1 Diseño de arranque: Corte quemado

Fuente: Minera J.S. Natividad

• **Datos de campo.**

- Densidad de la roca = 2,60 TM/m³
- Sección de la galería
 - Ancho = 3,50 m.
 - Altura = 3,00 m.
 - Diámetros de los taladro de producción = 0,038 mm
 - Diámetros del taladro vacío o el alivio = 0,038 mm
 - Longitud de barrenos de perforación 5 pies = 1,52m

• **Número de cartuchos por taladro**

Según la relación de longitud de carga del taco en un taladro perforado se tiene.

Donde:

$$N^{\circ} \text{ Cartuchos} = \frac{2/3 \times L}{L_e \times 0,80}$$

N° Cartuchos = total de cartuchos por taladro (unidad)

L = Longitud del taladro perforado (m)

L_e = Longitud de explosivo o cartucho (m)

80 % = Porcentaje de confinamiento al ser atacado.

$$N^{\circ} \text{ Cartuchos} = \frac{2/3 \times 1,52}{0,20 \times 0,80}$$

$$N^{\circ} \text{ Cartuchos} = \frac{0,666 \times 1,52}{0,20 \times 0,80}$$

$$N^{\circ} \text{ Cartuchos} = 6,27$$

$$N^{\circ} \text{ Cartuchos} = 6 \text{ Cartuchos /taladro}$$

- **Número de taladros**

Según el modelo matemático de EXSA

(ver Cuadro 5.1)

$$N^{\circ} Tal. = \left(\frac{P}{dt}\right) + (k \times s)$$

$$P = 4\sqrt{s}$$

$$N^{\circ} Tal. = \left(\frac{4\sqrt{s}}{dt}\right) + (k \times s)$$

Donde:

N° Tal. = Número de taladros

P = Perímetro de la sección de la galería (m)

dt = Distancia entre los taladros (semi duro)

k = Coeficiente o factor de la roca

s = Sección de la galería (m²)

Cuadro 5.1 Tipo de roca.

TIPO DE ROCA	Dt	k
Blanda	0,70	1
Semi dura	0,60	1,50
Dura	0,50	2

Fuente: Manual de voladura EXSA - 2001

$$N^{\circ} Tal. = \left(\frac{13}{0,60}\right) + (1,50 \times 10,50)$$

$$N^{\circ} Tal. = (21,60) + (15,75)$$

$$N^{\circ} Tal. = 37,35 \text{ Taladros}$$

5.5 Control de tiempos de perforación anterior. (ver Cuadros 5.2, 5.3)

Cuadro 5.2 Control de tiempos de perforación (Horas: Minuto: Segundo)

Taladros	N° de Taladros	Tiempo perf/talad. (h: min: s)	Tiempo total de perforación
Alivio	2	00:03:55	00:07:50
Arranque	4	00:04:05	00:16:20
1° Ayuda arranque	4	00:04:10	00:16:40
2° Ayuda arranque	4	00:04:03	00:16:12
Ayuda cuadradores	6	00:04:06	00:24:36
Ayuda arrastre	5	00:04:05	00:20:25
Ayuda alzas	5	00:04:15	00:21:15
Cuadradores	6	00:04:03	00:24:18
Alzas (corona)	4	00:04:35	00:18:20
Arrastre	5	00:04:04	00:20:20
Total/disparo	45	00:04:10	03:06:16

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.3 Resultados obtenidos en la perforación anterior

Parámetros obtenidos (perforación anterior)		
Tiempo de perforación del frente	03:06:16	Hora:Minuto:Segundo
Longitud de perforación/taladro	1,5	Metros
N° de taladros perforados	45	Taladros
Longitud total perforados/disparo	67,5	Metros
Tiempo promedio de perforación/taladro	00:04:10	Hora:Minuto:Segundo

Fuente: Elaboración propia

Malla de perforación anterior del by pass San Ignacio

(ver Figura 5.2)

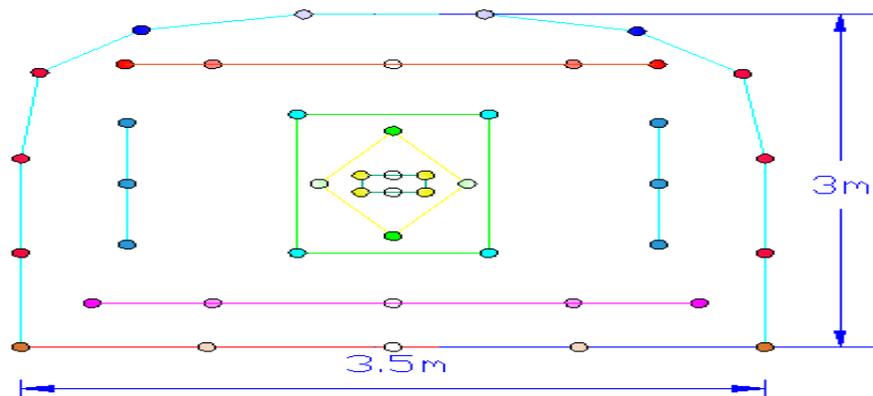


Figura 5.2 Diseño de malla de perforación

Fuente: Minera J.S. Natividad

5.6 Voladura anterior en el by pass San Ignacio. (ver Cuadros 5.4, 5.5 y 5.6)

Cuadro 5.4 Consumo de explosivo Semexa 65% en la voladura anterior.

Consumo del explosivo dinamita 65% (kg)					
Taladros	N° de Taladros	N° cartuchos/taladro	N° Total de cartuchos	Peso del cartucho (kg)	Distribución de explosivos (kg)
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,08	2,24
1° Ayuda arranque	4	6	24	0,08	1,92
2° Ayuda arranque	4	6	24	0,08	1,92
Ayuda cuadradores	6	5	30	0,08	2,40
Ayuda arrastre	5	5	25	0,08	2,00
Ayuda alzas	5	5	25	0,08	2,00
Cuadradores	6	6	36	0,08	2,88
Alzas (corona)	4	6	24	0,08	1,92
Arrastres	5	6	30	0,08	2,40
Total/disparo	45		246		19,68

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.5 Resumen del consumo del explosivo y accesorios por disparo.

Descripción	Unidad de medida	Total
Semexa 65%	kg/disparo	19,68
Mecha de seguridad	Pies	257,64
Fulminante N° 8	Unidades	43

Fuente: Elaboración propia

- **Volumen roto**

$$V = b \times h \times Lp$$

Donde:

V = Volumen roto (m^3)

b = Ancho de la labor (m)

h = Altura de la labor (m)

Lp = Longitud de perforación (m)

$$V = 3,50 \times 3,00 \times 1,30$$

$$V = 13,65(m^3)$$

- **Tonelaje roto**

$$TM = V \times dr$$

Donde:

TM = Tonelada métrica de material roto

V = Volumen roto

dr = Densidad de roca

$$TM = 13,65 \times 2,60$$

$$TM = 35,49 \text{ TM}$$

- **Factor de carga**

$$Fc = \frac{kg - explosivo}{Volumen roto}$$

$$Fc = \frac{19,68}{13,65}$$

$$Fc = 1,44 \text{ kg/m}^3$$

- **Factor de carga lineal**

$$Fc = \frac{kg - explosivo}{metro lineal}$$

$$Fc = \frac{19,68}{1,30}$$

$$Fc = 15,13 \text{ kg/m}$$

- **Factor de potencia**

$$Fp = \frac{kg - explosivo}{Tonelaje roto}$$

$$Fp = \frac{19,68}{35,49}$$

$$Fp = 0,55 \text{ kg/TM}$$

Cuadro 5.6 Resumen de resultados en la voladura anterior

PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA VOLADURA ANTERIOR	
Descripción	Unidad de medida
kg/ disparo	19,68 kg
Volumen	13,65 m ³
Toneladas	35,49 TM
Factor de carga	1,44 kg/m ³
Factor de potencia	0,55 kg/TM
Factor de carga lineal	15,13 kg/m

Fuente: Elaboración propia

5.7 Costo de perforación y voladura anterior: Los costos de mano de obra, materiales de perforación, máquina perforadora, materiales de voladura, herramientas y otros materiales e implementos de seguridad se detallan en los Cuadros 5.7 al 5.13

Cuadro 5.7 Costo de mano de obra

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal en soles	Costo US\$/disparo
Capataz de mina	1	85	29,31
Perforista	1	80	27,58
Ayudante perforista	1	75	25,86
Bodeguero	1	75	25,86
SUB TOTAL		315	108,61
Leyes sociales 65%			70,59
COSTO TOTAL			179,20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.8 Costo de materiales de perforación

Accesorios	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil Pies perf.	Pies perforados	US\$/pie perf.	US\$/disparo
Barra cónica 5 pies	1	95	1100	180	0,09	16,20
Broca de 38 mm.	1	25	400	180	0,06	10,80
COSTO TOTAL						27,00

Fuente: Elaboración propia

Mangueras y accesorios	Unidad	Cantidad	Costo US\$	Vida útil/días	US\$/disparo
Manguera de 1/2" O	Metros	30	1,50	150	0,30
Manguera de 1" O	Metros	30	3,50	120	0,88
Aceite de perforación	Galones	0,25	10,50	1	2,63
COSTO TOTAL					3,81

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.9 Costo de máquina perforadora

Equipo	Costo US\$	Vida útil pies perf	US\$/pies	Pies perf.	US\$/disparo
Máquina perforadora	5200	120000	0,04	180	7,20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.10 Costo de materiales de voladura

Descripción	Unidad	Costo US\$	Cantidad/disp.	US\$/disparo
Semexa 65%	Cartuchos	0,56	246	137,76
Fulminante N° 8	Cápsulas	0,46	43	19,78
Mecha de seguridad	Metros	0,52	78,53	40,83
COSTO TOTAL				198,37

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.11 Costo de herramientas y otros materiales

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil días	Costo US\$/disparo
Barretillas	Unidad	1	10,40	60	0,17
Lampas	Unidad	1	11,50	120	0,10
Picos	Unidad	1	11,70	120	0,10
Alambre	Kg	0,25	1,50	1	0,38
Llave stilson	Unidad	1	14,50	360	0,04
Atacador de madera	Unidad	1	2,60	45	0,06
COSTO TOTAL					0,85

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.12 Costo de implementos de seguridad

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil días	Costo US\$/disparo
Casco	Pieza	1	12,8	300	0,04
Guantes de cuero	Pieza	1	4,85	25	0,19
Correas porta lámpara	Pieza	1	5,70	300	0,02
Botas de jebe	Pieza	1	22,15	180	0,12
Mameluco	Pieza	1	23,65	180	0,13
Respiradores	Pieza	1	25,75	180	0,14
Filtro de resp.	Pieza	1	5,70	15	0,38
Tapón de oídos	Pieza	1	2,55	120	0,02
Ropa de jebe	Pieza	1	33,60	120	0,28
Lentes de seguridad	Pieza	1	10,55	120	0,09
Lámpara de batería	Pieza	1	115,50	120	0,96
COSTO TOTAL					2,37

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.13 Resumen de costo de perforación y voladura anterior

Descripción	US\$/disparo
Mano de obra	179,20
Materiales de perforación	30,81
Máquina perforadora	7,20
Materiales de voladura	198,37
Herramientas y otros materiales	0,85
Implementos de seguridad	2,37
COSTO TOTAL/DISPARO	418,80

Fuente: Elaboración propia

5.8 Diseño de la nueva malla de perforación

De acuerdo al análisis de la malla de perforación anterior, el mismo que ha tenido una serie de deficiencias en su aplicación como tal se ha realizado el diseño de la nueva malla de perforación según las características geológicas y geomecánicas de la roca encajonante. (ver Cuadro 5.14 y Figura 5.3) (Jaúrequi Aquino, Alberto – 2009)

Cuadro 5.14 Distribución de taladros en la optimización.

Distribución de taladros	
Descripción	N° de taladros
Alivio	2
Arranque	4
1° Ayuda	4
2° Ayuda	4
3° Ayuda	8
Sub ayuda	4
Cuadradores	4
Alzas	5
Arrastre	5
Total/disparo	40

Fuente: Elaboración propia

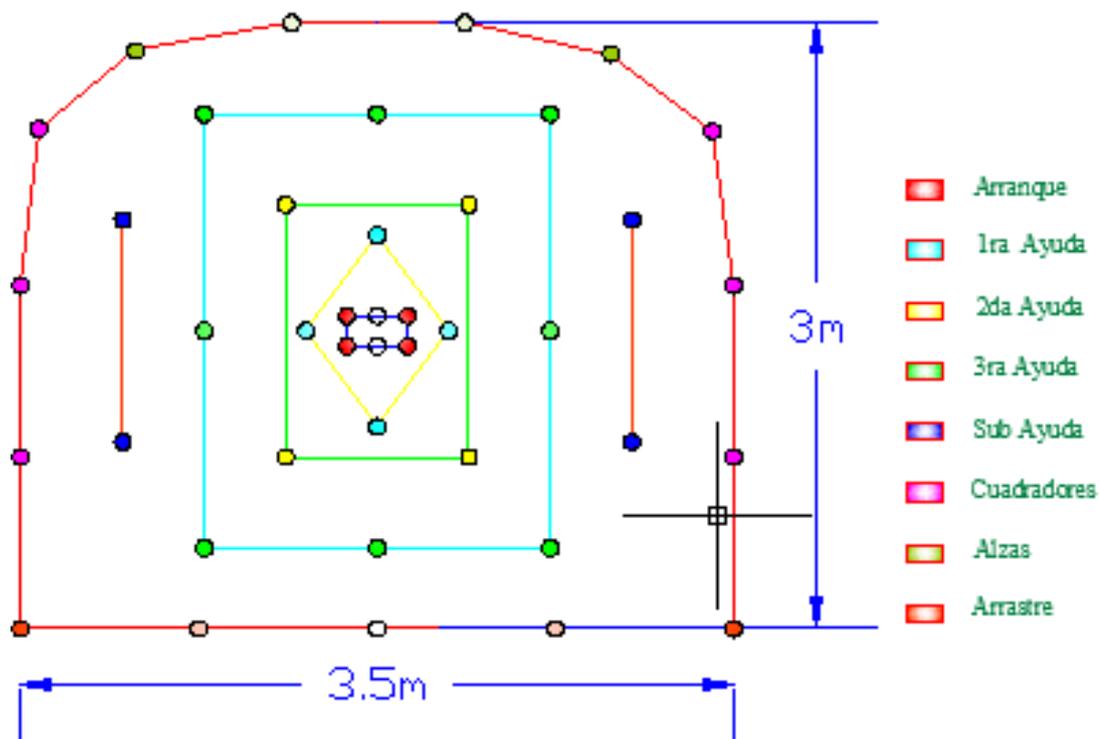


Figura 5.3 . Diseño de la nueva malla de perforación optimizado

Fuente: Minera J.S. Natividad

5.8.1 Control de tiempo de perforación optimizado (ver Cuadros 5.15, 5.16)

Cuadro 5.15 Control de tiempos de perforación optimizado.

Taladros	N° de taladros	Tiempo perf/talad. (h:min:s)	Tiempo total de perforación
Alivio	2	00:03:45	00:07:30
Arranque	4	00:03:55	00:15:40
1° Ayuda	4	00:03:50	00:15:20
2° Ayuda	4	00:03:55	00:15:40
3° Ayuda	8	00:04:10	00:16:40
Sub ayuda	4	00:04:07	00:32:56
Cuadradores	4	00:04:15	00:17:00
Alzas	5	00:04:20	00:21:40
Arrastre	5	00:04:00	00:16:30
Total/disparo	40	00:04:02	02:38:46

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.16 Resultados obtenidos en la perforación optimizado

Parámetros obtenidos (perforación optimizado)		
Tiempo de perforación del frente	02:38:56	Hora:Minuto:Segundo
Longitud de perforación/taladro	1,37	Metros
Nº de taladros perforados	40	Taladros
Longitud total perforados/disparo	54,80	Metros
Tiempo promedio de perforación/taladro	00:04:02	Hora:Minuto:Segundo

Fuente: Elaboración propia

5.8.2 Voladura optimizada en el by pass San Ignacio

Para obtener una voladura eficiente del frente de la galería se ha tenido en cuenta las características estructurales del macizo rocoso, y sea seleccionado el explosivo SEMEXA 65% y también se ha considerado el confinamiento en carguío de taladros. (ver Cuadros 5.17, 5.18).

Cuadro 5.17 Consumo de explosivo en la voladura optimizado

Consumo del explosivo Semexa 65%					
Taladros	Nº de taladros	Nº cartuchos/taladros	Nº Total de cartuchos	Peso del cartucho (kg)	Distribución de explosivos (kg)
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	6	24	0,08	1,92
1º Ayuda	4	6	24	0,08	1,92
2º Ayuda	4	5	20	0,08	1,60
3º Ayuda	8	5	40	0,08	3,20
Sub ayuda	4	5	20	0,08	1,60
Cuadradores	4	6	24	0,08	1,92
Alzas	5	4	20	0,08	1,60
Arrastres	5	6	30	0,08	2,40
Total/disparo	40		202		16,16

Fuente: Elaboración propia

a) Datos de campo

- Densidad de roca : 2,6
- Sección de la galería : 3,5 m x 3,00 m
- Diámetro de taladro de producción : 0,038 mm
- Longitud de barreno de perforación : 5 pies = 1,5 m

b) Volumen roto

$$V = b \times h \times L_p$$

Donde:

V = Volumen roto (m^3)

b = Ancho de la labor (m)

h = Altura de la labor (m)

L_p = Longitud de perforación (m)

$$V = 3,50 \times 3,00 \times 1,37$$

$$V = 14,38 \text{ (} m^3 \text{)}$$

c) Tonelaje roto

$$TM = V \times dr$$

Donde:

TM = Tonelada métrica de material roto

V = Volumen roto

dr = Densidad de roca

$$TM = 14,38 \times 2,60$$

$$TM = 38,38 \text{ TM}$$

d) Factor de carga

$$Fc = \frac{kg - explosivo}{Volumen roto}$$

$$Fc = \frac{16,16}{14,38}$$

$$Fc = 1,12 \text{ kg/m}^3$$

e) Factor de carga lineal

$$Fc = \frac{kg - explosivo}{metro lineal}$$

$$Fc = \frac{16,16}{1,37}$$

$$Fc = 11,79 \text{ kg/m}$$

f) Factor de potencia

$$Fp = \frac{kg - explosivo}{Tonelaje roto}$$

$$Fp = \frac{16,16}{38,38}$$

$$Fp = 0,42 \text{ kg/TM}$$

Cuadro 5.18 Resumen de resultados en la voladura optimizada.

PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA VOLADURA OPTIMIZADA	
Descripción	Unidad de medida
kg/ disparo	16,16 kg
Volumen	14,38 m ³
Toneladas	38,38 TM
Factor de carga	1,12 kg/m ³
Factor de potencia	0,42 kg/TM
Factor de carga lineal	11,79 kg/m

Fuente: Elaboración propia

5.8.3 Costo de perforación y voladura optimizada: Los costos de mano de obra, materiales de perforación y otros, se detallan en los Cuadros 5.19 al 5.25

Cuadro 5.19 Costo de mano de obra

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal en soles	Costo US\$/disparo
Capataz de mina	1	85	29,31
Perforista	1	80	27,58
Ayudante perforista	1	75	25,86
Bodeguero	1	75	25,86
SUB TOTAL		315	108,61
Leyes sociales 65%			70,59
COSTO TOTAL			179,20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.20 Costo de materiales de perforación

Accesorios	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil Pies perf.	Pies perforados	US\$/pie perf.	US\$/disp.
Barra cónica 5 pies	1	95	1100	160	0,09	14,40
Broca de 38 mm.	1	25	400	160	0,06	9,60

Mangueras y accesorios	Unidad	Cantidad	Costo US\$	Vida útil/días	US\$/disparo
Manguera de 1/2" O	Metros	30	1,50	150	0,30
Manguera de 1" O	Metros	30	3,50	120	0,88
Aceite de perforación	Galones	0,25	10,50	1	2,63
COSTO TOTAL					3,81

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.21 Costo de máquina perforadora

Equipo	Costo US\$	Vida útil pies perf	US\$/pies	Pies perf.	US\$/disparo
Máquina perforadora	5200	120000	0,04	160	6,40

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.22 Costo de materiales de voladura

Descripción	Unidad	Costo US\$	Cantidad/disp.	US\$/disparo
Semexa 65%	Cartuchos	0,56	202	113,12
Fulminante N° 8	Cápsulas	0,46	38	17,48
Mecha de seguridad	Metros	0,52	69,48	36,12
COSTO TOTAL				166,72

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.23 Costo de herramientas y otros materiales

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil días	Costo US\$/disparo
Barretillas	Unidad	1	10,40	60	0,17
Lampas	Unidad	1	11,50	120	0,10
Picos	Unidad	1	11,70	120	0,10
Alambre	kg	0,25	1,50	1	0,38
Llave stilson	Unidad	1	14,50	360	0,04
Atacador de madera	Unidad	1	2,60	45	0,06
COSTO TOTAL					0,85

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.24 Costo de implementos de seguridad

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil días	Costo US\$/disparo
Casco	Pieza	1	12,80	300	0,04
Guantes de cuero	Pieza	1	4,85	25	0,19
Correas porta lámpara	Pieza	1	5,70	300	0,02
Botas de jebe	Pieza	1	22,15	180	0,12
Mameluco	Pieza	1	23,65	180	0,13
Respiradores	Pieza	1	25,75	180	0,14
Filtro de respiración	Pieza	1	5,70	15	0,38
Tapón de oídos	Pieza	1	2,55	120	0,02
Ropa de jebe	Pieza	1	33,60	120	0,28
Lentes de seguridad	Pieza	1	10,55	120	0,09
Lámpara de batería	Pieza	1	115,50	120	0,96
COSTO TOTAL					2,37

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.25 Resumen de costo de perforación y voladura optimizada

	US\$
Mano de obra	179,20
Materiales de perforación	27,81
Máquina perforadora	6,40
Materiales de voladura	166,72
Herramientas y otros materiales	0,85
Implementos de seguridad	2,37
COSTO TOTAL/DISPARO	383,35

Fuente: Elaboración propia

5.9 Carguío y acarreo anterior

El levantamiento de información se realizara mediante la toma de tiempos para carguío y acarreo de material.

1. Ciclo total de carguío:

El carguío del material se realiza mediante el personal obrero de la unidad minera con una cantidad de 16 personas. (ver Cuadro 5.26)

$$\begin{aligned} \text{Tiempo total de carguío} &= \text{Tiempo de carguío/viaje} \times \text{número de viajes} \\ &= 00:16:04 \text{ h/viaje} \times 12 \text{ viajes/disparo} \\ &= 03: 12: 48 \text{ h/disparo} \end{aligned}$$

Cuadro 5.26 Ciclo total de acarreo

Descripción	h : min: s
Tiempo muerto	00:20:04
Tiempo de traslado	00:05:08
Tiempo de descarga	00:00:50
Tiempo de retorno	00:03:18
TIEMPO TOTAL	00:29:20

Fuente: Elaboración propia

DATOS:

- Volumen roto = 13,65 m³
- Tonelaje roto = 35,49 TM

$$\text{Capacidad de dumper} \quad 2 \times 3,00 \text{ TM} \quad = \quad 6,00 \text{ TM}$$

$$\text{Número de viajes: } \frac{\text{tonelaje- roto}}{\text{capacidad- dumper}} = \frac{35,49 \text{ TM}}{6,00 \text{ TM}} = 6,00 \text{ viajes}$$

$$\begin{aligned} \text{Ciclo total transporte/disparo} &= 00: 29:20 \text{ h/viajes} \times 6 \text{ viajes/disparo} \\ &= 02:56:00 \text{ h/disparo} \end{aligned}$$

2. Costo de carguío y acarreo anterior. (ver Cuadros 5.27, 5.28, 5.29 y 5.30)

Cuadro 5.27 Costo de carguío anterior

Mano de obra directa	Número personal	Jornal soles	Jornal US\$
Capataz de turno limpieza	1	85	25,00
Personal obrero	16x70	1120	329,41
COSTO TOTAL			354,41

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.28 Costo de acarreo anterior

Descripción	Unidad	US\$	US\$/disp.
Alquiler de dumper	2	20,00	40,00
Operador	2	24,00	48,00
COSTO TOTAL			88,00

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 02)

Cuadro 5.29 Costo total de carguío y acarreo

Descripción	US\$/disparo
Carguío	354,41
Acarreo	88,00
COSTO TOTAL DE CARGUÍO Y ACARREO	442,41

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.30 Resumen del costo total anterior

Descripción	US\$/disparo
Perforación y voladura	418,80
Carguío y acarreo	438,41
COSTO TOTAL ANTERIOR	857,21

Fuente: Elaboración propia

5.10 Carguío y acarreo optimizado.

5.10.1 Ciclo total de carguío:

- **Tiempo de traslado:** Es el tiempo que le toma al scoop trasladarse desde la cámara de carguío a cargar y regresar a la misma con carga.
- **Tiempo de maniobra 1 :** Es el tiempo que transcurre desde el scoop llega a la cámara de carguío hasta el comienzo de la descarga.
- **Tiempo descarga:** Es el tiempo que tarde el scoop en descargar.
- **Tiempo maniobra 2:** Es el tiempo que transcurre desde que el scoop finaliza la descarga hasta el traslado hasta el acceso de la cámara de carguío. (ver Anexo 03)

Tiempo ciclo total carguío = Tiempo traslado + tiempo maniobra 1 + tiempo maniobra 2 + tiempo descarga

$$= 00:01:10 + 00:00:40 + 00:00:30 + 00:00:57$$

$$= 00:03:17$$

Tiempo ciclo total carguío = 00: 03:17 min/pasad x 2 pasad.

$$\dots\dots = 00: 06: 34 \text{ min.}$$

5.10.2 Ciclo total de acarreo:

- **Tiempo de traslado 1:** es el tiempo que le toma al dumper desde la cámara de carguío y trasladar el material a la respectiva zona de acumulación desmonte.
- **Tiempo de espera:** Es el tiempo que transcurre desde el dumper llega a la cámara de carguío y se posiciona en dicha cámara para recibir la carga de parte del Scoop.
- **Tiempo de descarga:** Es el tiempo que tarda el dumper en la descarga del material en la zona de botadero.
- **Tiempo de retorno:** Es el tiempo que transcurre desde que el dumper a descargado el material y regresa a la cámara de carguío para volver a cargar.

Ciclo total de transporte = Tiempo espera + tiempo traslado 1 + tiempo descarga + tiempo retorno 2

$$\begin{aligned} \text{Ciclo total de transporte} &= 00:06:34 + 00:03:14 + 00:00:50 + 00:02:30 \\ &= 00:13:08 \end{aligned}$$

DATOS:

- Capacidad de scoop = 1,53 m³
- Capacidad de scoop = 2,00 yd³
- Volumen = 14,38m³
- Tonelaje roto = 38,38 TM
- Dumper = 6,00 TM
- Densidad de roca = 2,60 TM/m³
- Capacidad de scoop = 3,97 TM
- N° viajes de dumper = 38,38
TM / 6,00 TM = 6,39 viajes

$$\begin{aligned} \text{Tiempo total de acarreo} &= 00:13:08 \text{ viajes} \times 7 \text{ viajes/disparo} \\ &= 01:31:56 \text{ h /disparo.} \end{aligned}$$

5.11 Costo de carguío y acarreo optimizado. (ver Cuadros 5.31, 5.32, 5.33 y 5.34)

Cuadro 5.31 Costo de carguío

Descripción	Unidad	US\$/hora	Horas	US\$/disp.
Alquiler de scoop	1	60	3	180,00
Operador de scoop	1	15	3	45,00
Ayudante de scoop	1	10	3	30,00
Mecánico	1	12	2	24,00
COSTO TOTAL:US\$/disparo				279,00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.32 Costo de acarreo

Descripción	Unidad	US\$/hora	Hora	US\$/disparo
Alquiler de dumper 6TM	1	30,00	3,00	90,00
Operador de dumper	1	12,00	3,00	36,00
COSTO TOTAL :US\$/disparo				126,00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.33 Costo de carguío y acarreo optimizado

Descripción	US\$/disparo
Costo de carguío	279,00
Costo de acarreo	126,00
COSTO TOTAL: US\$/disparo	405,00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.34 Resumen del costo total optimizado

Descripción	US\$/disparo
Costo de carguío y acarreo	405,00
Costo perforación y voladura	383,35
COSTO TOTAL : US\$/disparo	788,35

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Análisis de resultados

La optimización de perforación y voladura se ha realizados by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad.

Las operaciones de perforación y voladura en una mina subterránea deben conducirse según las practicas operativas y diseñadas para minimizar los costos operativos y garantizar un ambiente de trabajo seguro para el personal.

Las características del diseño de perforación por su importancia se han considerado los siguientes factores.

- Número de taladros vacíos
- Diámetro de taladros vacíos
- Número de taladros de producción
- Diámetro de los taladros de producción
- Longitud de taladros perforados
- Avance lineal
- Tipo de roca
- Equipo a utilizarse
- Volumen de roca
- Área de la sección del taladro
- Área de la sección del by pass
- Tonelaje de material roto

6.2 Contrastación de las hipótesis

Hipótesis 1

Con el diseño de la malla de perforación se optimizará los costos de desarrollo by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad.

6.2.1 Resultados comparativos de perforación

1. Malla de perforación anterior

En el diseño de la malla de perforación anterior en el desarrollo by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad, no se ha considerado las características estructurales del macizo rocoso.

En esta malla de perforación se ha utilizado 45 taladros de 5 pies, de los cuales 02 taladros son de alivio. (ver Cuadro 6.1)

Cuadro 6.1 Distribución de taladros

Descripción	N° de taladros
Alivio	2
Arranque	4
1° Ayuda	4
2° Ayuda	4
Ayuda cuadradores	6
Ayuda arrastre	5
Ayuda de alzas	5
Cuadradores	6
Alza (corona)	4
Arrastre	5
Total/disparo	45

Fuente: Elaboración propia

2. Malla de perforación optimizado

Para diseñar la nueva malla de perforación en desarrollo by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad, se ha realizado los cálculos considerando las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso, se ha determinado 40 taladros perforados de los cuales 2 taladros de alivio. (ver Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2 Distribución de taladros optimizados

Descripción	N° de taladros
Alivio	2
Arranque	4
1° Ayuda	4
2° Ayuda	4
3° Ayuda	8
Sub ayuda	4
Cuadradores	4
Alza (corona)	5
Arrastre	5
Total/disparo	40

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de resultados (antes y después), se concluye, aplicando en nuevo diseño de malla de perforación se ha reducido 05 taladros, en comparación a la malla de perforación anterior.

Hipótesis 2

Seleccionando la carga explosiva adecuada se reducirá los costos de desarrollo by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad.

6.2.2 Resultados comparativos de voladura

1. Carga explosivo anterior

En la voladura anterior se ha utilizado mayor cantidad de explosivo debido a la mala distribución y carguío a los taladros, se ha utilizado SEMEXSA 65% y mecha de seguridad. (ver Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3 Datos de la carga explosiva anterior

Descripción	Unidad de medida
kg/disparo	19,68 kg
Factor de carga	1,44 kg/m ³
Mecha de seguridad	.78,53 m
Factor de potencia	.. 0,55 kg/TM
Factor de carga lineal	15,13 kg/m
Fulminante N° 8	43 cápsulas

Fuente: Elaboración propia.

2. Carga explosiva seleccionado

Según características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso se ha seleccionado el explosivo SEMEXA 65%, en mecha seguridad, los resultados se muestran en el Cuadro 6.4

Cuadro 6.4 Datos de la carga explosiva optimizado

Descripción	Unidad de medida
kg/disparo	16,16 kg
Factor de carga	1,12 kg/m ³
Factor de potencia	0,42 kg/TM
Factor de carga lineal	11,79 kg/m
Fulminante N° 8	38 cápsulas
Mecha de seguridad	69,48 m

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se compara con los resultados del proyecto de explotación y desarrollo de la mina El Cofre, trabajo de tesis nuevo diseño de la malla de perforación para mejorar la perforación y voladura realizado por el Ingeniero Chahuares Sairitupa Félix, en donde los taladros se ha reducido de 45 taladros a 40 taladros, el consumo de explosivos se ha reducido de 18 kg/disparo a 1,51 kg/disparo.

6.3 Resultados comparativos de costos de perforación y voladura anterior

1. Costos de perforación y voladura anterior

En la perforación y voladura anterior se obtuvo altos costos de perforación y voladura debido a la utilización de una malla de perforación no acorde a las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso y también se ha utilizado mucha carga explosiva en el carguío de taladros, los resultados se muestran en cuadro de costos. (ver Cuadro 6.5.)

2. Costos de perforación y voladura optimizado

Al utilizar el nuevo diseño de la malla de perforación y selección de carga explosiva en el carguío de taladros y confinamiento correspondiente para una eficiente explosión, se ha reducido los costos de perforación y voladura en el frente desarrollo by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad, los resultados se muestran.(ver Cuadro 6.5.)

Cuadro 6.5 Resumen de costos de perforación y voladura anterior y actual

Costos de perforación y voladura	Anterior US\$	Optimizado US\$	Diferencia US\$
Mano de obra	179,20	179,20	-
Equipo de perforación	7,20	6,40	0,80
Materiales de perforación	30,81	27,81	3,00
Materiales de voladura	198,37	166,72	31,65
Implementos de seguridad	2,37	2,37	-
Herramientas y otros materiales	0,85	0,85	-
Costo por disparo	418,80	383,35	35,45

Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo al análisis de costos de perforación y voladura se discute que antes de la optimización, los costos de mano de obra eran: US\$ 179,20, equipo de perforación US\$ 7,20, materiales de perforación US\$ 30,81, materiales voladura US\$ 198,37, implementos de seguridad US\$ 2,37, herramientas y otros materiales US\$ 0,85, haciendo un total de US\$ 418,80.
- Según el análisis de costo de perforación y voladura optimizado, se tiene que el costo de mano de obra es: US\$ 179,20, equipo de perforación US\$ 6,40, materiales de perforación US\$ 27,81, materiales voladura US\$ 166,72, implementos de seguridad US\$ 2,37, herramientas y otros materiales US\$ 0,85, haciendo un total de US\$ 383,35. (ver Figura 6.1)

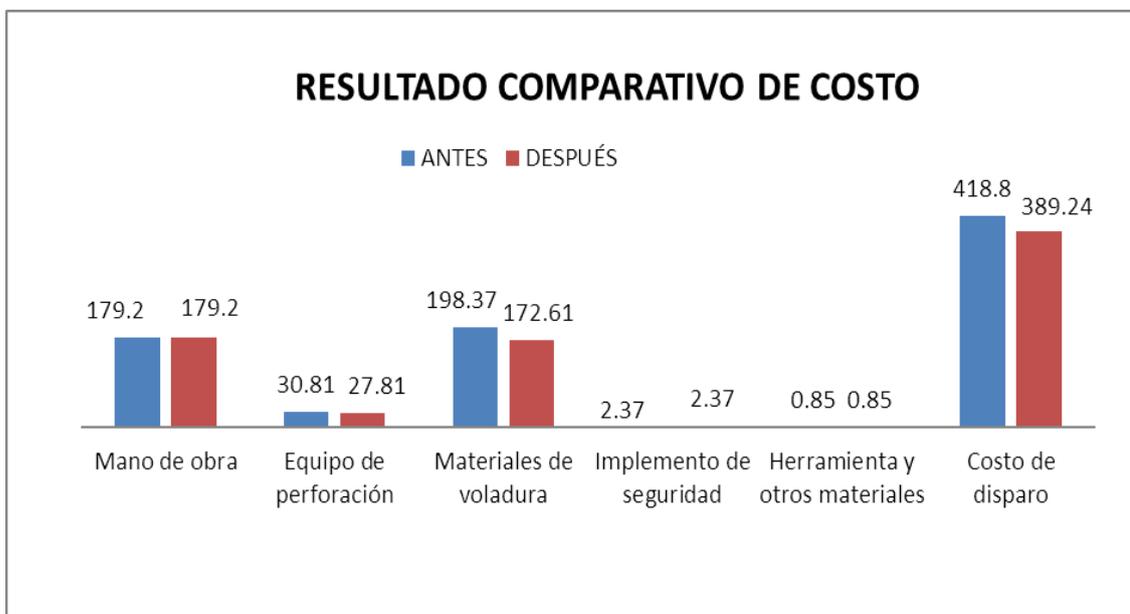


Figura 6.1 Resultados comparativos de costos

Fuente: Elaboración propia

En ambos casos (antes y después), el costo de mano de obra, costo de implemento de seguridad y costo de herramientas y otros materiales son iguales debido a que las operaciones de perforación y voladura se han realizado con el mismo número de personal, implementos de seguridad y herramientas, como se muestra

6.4 Discusión de resultados de perforación y voladura

De acuerdo a los cálculos y análisis de resultados de perforación y voladura antes y después de la optimización, se demuestra que hay una diferencia en los parámetros y costos de perforación y voladura en el desarrollo by pass San Ignacio, (ver Cuadro 6.6)

Cuadro 6.6. Resumen de resultados comparativos de perforación y voladura

Descripción	Unidad de medida	Antes	Después	Diferencia
Taladros perforados	Taladro	45	40	5,00
Taladros cargados	Taladro	41	38	3,00
Dinamita SEMEXSA 65%	Cartuchos	246	202	44
Fulminante N° 8	Cápsulas	41	38	3,00
Mecha de seguridad	Metro	78,53	69,48	9,05
kg/disparo	Kilogramos	19,68	16,16	3,52
Factor de carga	kg/m ³	1,44	1,12	0,32
Factor de potencia	kg/TM	0,55	0,42	0,13
Factor de carga lineal	kg/m	15,13	11,79	3,34
Avance lineal	Metro	1,30	1,37	0,07
Tiempo prom. de perf. /disp.	h: min: s	03:06:16	02:38:46	00:27:30
Tiempo prom. de perf./ tal.	h: min: s	00:04:10	00:04:02	00:00:08

Fuente: Elaboración propia

- En la voladura anterior se ha utilizado el explosivo SEMEXSA 65%, en total de 246 cartuchos, fulminante N° 8, 43 unidades, mecha de seguridad 78,53 metros, factor de carga 1,44 kg/m³, factor de potencia 0,55 kg/TM, factor de carga lineal 15,13 kg/m, con un avance lineal de 1,30 metros.
- En la voladuras optimizado se ha utilizado el explosivo SEMEXSA 65%, en total de 202 cartuchos, fulminante N° 8, 38 unidades, mecha de seguridad 69,48 m, factor de carga 1,12 kg/m³, factor de potencia 0,42 kg/TM, factor de carga lineal 11,79 kg/m, con un avance lineal de 1,37 metros. (ver Figura 6.2)

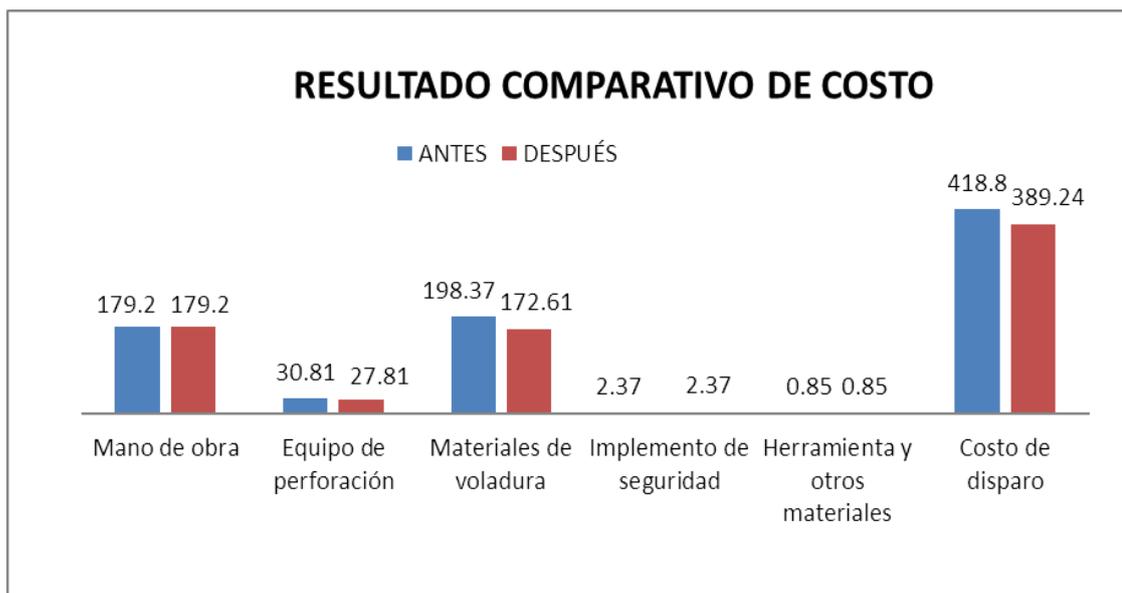


Figura 6.2 Resultados comparativos de voladura

Fuente: Elaboración propia

En el diseño de la perforación anterior se ha utilizado 45 taladros perforados y con el nuevo diseño de la malla de perforación 41 taladros perforados, haciendo una diferencia de 04 taladros, en ambos casos se ha utilizado el corte quemado de 06 taladros de 5 pies, de los cuales 02 taladros son de alivio. (ver Figura 6.3)

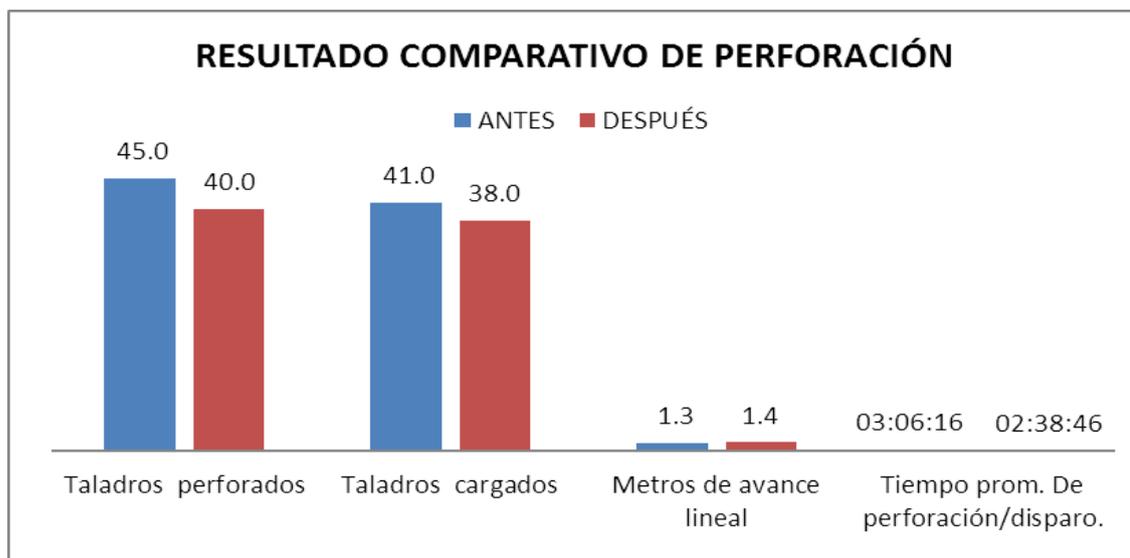


Figura 6.3 Resultados comparativos de perforación

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de resultados de la perforación anterior y el optimizado se concluye que la granulometría en la voladura anterior no ha sido informe, presentando en algunos disparos dimensiones de roba mayores a 35 cm, y el avance lineal en un promedio de 1,30 m, el volumen obtenido ha sido un promedio de 13,65 m³, un tiempo total por disparo de 03:06:16 (h:min:s) y una eficiencia por disparo de 85% y un costo de perforación y voladura de 418,80 US \$.

Y con el nuevo diseño de la malla de perforación y la carga explosiva adecuada se ha logrado una granulometría de tamaño < a 25 cm, el avance lineal un promedio de 1,37 m el volumen obtenido de 14,38 m³, un tiempo total por disparo de 02:38:46 (h:min:s), una eficiencia de perforación de 92 %, y un costo de perforación y voladura de 383,35 US \$.

Finalmente se concluye que de acuerdo al análisis de costos (antes y después) se concluye que los costos se ha reducido de 418,80 US \$/disparo a 383,35 US \$/disparo, haciendo una diferencia de 35,45 US \$/disparo. (ver Cuadro 6.7 y Figura 6.4)

Cuadro 6.7 Resultados comparativos de carguío acarreo

Descripción	Unidad	Antes	Después	Diferencia
Costo de carguío	US\$	354,41	279,00	75,41
Costo de acarreo	US\$	126,00	88,00	38,00
TOTAL	US\$	442,41	405,00	113,41

Fuente: Elaboración propia

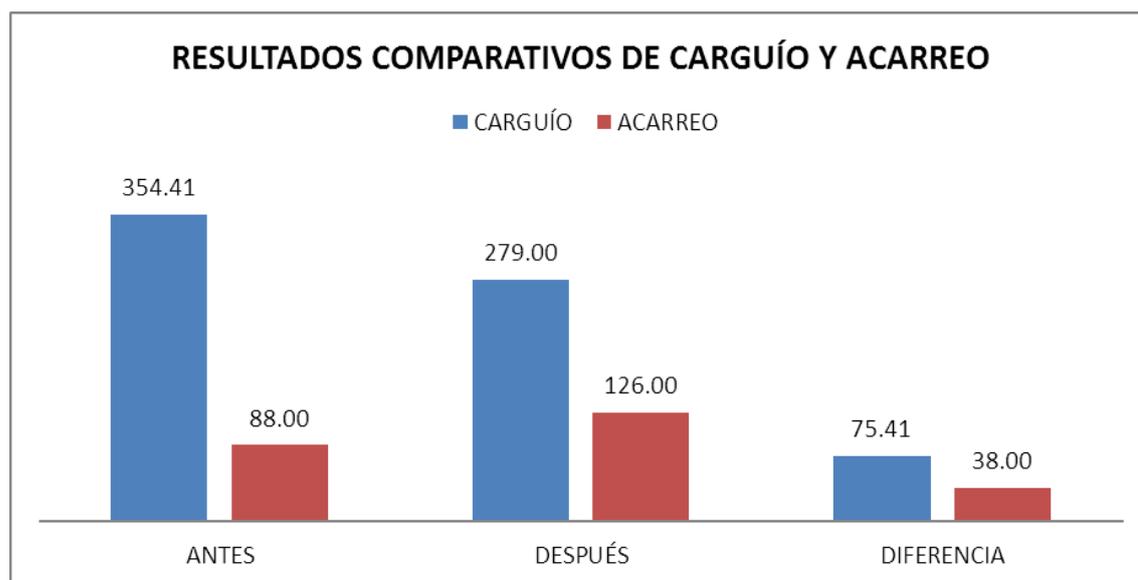


Figura 6.4 Resultado comparativo de carguío y acarreo.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se concluye que de acuerdo al análisis de costos (antes y después) se concluye que los costos se ha reducido de 442,41 US \$/disparo a 405,00 US \$/disparo, haciendo una diferencia de 113,00 US \$/disparo.

6.5 Contrastación.

HIPÓTESIS	OBJETIVOS	RESULTADOS
<p>Hipótesis general</p> <p>Mediante la optimización de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo se mejorará el avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.</p> <p>Hipótesis específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - La optimización de las operaciones unitarias nos permitirá identificar el desarrollo de cada una de las operaciones de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada. - Diseñando la malla de perforación y determinando la carga explosiva adecuada nos permitirá incrementar el 	<p>Objetivo general</p> <p>Optimizar el avance lineal mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S.Natividad – La Rinconada.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Evaluar las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad –La Rinconada. -Diseñar la malla de perforación y determinar la carga explosiva adecuada en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada. -Optimizar el sistema de 	<p>Resultado general</p> <p>El avance lineal de 1,30 metros en la perforación anterior se ha mejorado con el nuevo diseño de malla de perforación a 1,37 metros lineales de avance por cada disparo realizado.</p> <p>Resultados específicos</p> <p>Según la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y transporte se ha llegado a las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El costo total de perforación y voladura anterior ha sido de 418,80 US \$/disparo. -El costo total de perforación y voladura actual es de 383,35 US \$/disparo. - El costo total de carguío y acarreo anterior ha sido de 442,41 US \$/disparo.

<p>avance lineal en la construcción del by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada.</p> <p>- Mediante el control de tiempos se optimizara las operaciones de carguío y acarreo de material roto en la construcción del by pass.</p>	<p>carguío y acarreo en la construcción by pass San Ignacio de la Minera J.S. Natividad – La Rinconada</p>	<p>-El costo total de carguío y acarreo actual es de 405,00 US \$/disparo</p> <p>-Utilizando el nuevo diseño de malla de perforación en el frente de desarrollo del by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad, los taladros se han reducido de 45 a 40 taladros perforados de 5 pies con una diferencia de 05 taladros y en la voladura el consumo de explosivo se ha reducido de 19,68 kg/disparo a 16,16 kg/disparo, haciendo una diferencia de 3,52 kg/disparo.</p> <p>-El costo de carguío anterior ha sido de US \$ 354,41 y el costo de acarreo de US\$ 88,00 y con la optimización el costo de carguío actual es de US\$ 279,00 y el costo de acarreo es de US\$126.0 haciendo un costo total anterior de US\$ 442,41 y actual de US \$ 405,00.</p>
---	--	---

CONCLUSIONES

1. El avance lineal de 1,30 metros en la perforación anterior se ha mejorado con el nuevo diseño de malla de perforación a 1,37 metros lineales de avance por cada disparo realizado.
2. Según la evaluación de las operaciones unitarias, el costo total de perforación y voladura anterior ha sido de 418,80 US \$/disparo y el costo total de perforación y voladura actual es de 383,35 US \$/disparo. El costo total de carguío y acarreo anterior ha sido de 442,41 US \$/disparo y el costo total de carguío y acarreo actual es de 405,00 US \$/disparo
3. Utilizando el nuevo diseño de malla de perforación en el frente de desarrollo del by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad, los taladros se han reducido de 45 a 40 taladros perforados de 5 pies con una diferencia de 05 taladros y en la voladura el consumo de explosivo se ha reducido de 19,68 kg/disparo a 16,16kg/disparo, haciendo una diferencia de 3,52 kg/disparo.
4. El costo de carguío anterior ha sido de US\$ 354,41 y el costo de acarreo de US\$ 88,00 y con la optimización el costo de carguío actual es de US\$ 279,00 y el costo de acarreo es de US\$ 126,00 haciendo un costo total anterior de US\$ 442,41 y actual de US\$ 405,00.

RECOMENDACIONES

1. Los taladros de producción es posible reducir, utilizando otro tipo de corte y un nuevo diseño de la malla de perforación a utilizar, por lo que se recomienda realizar el estudio correspondiente para lograr la malla óptima.
2. Se debe cumplir los parámetros de diseño de la nueva malla de perforación, sistema de carguío de taladros, y el buen confinamiento para obtener una buena fragmentación del macizo rocoso y minimizar los costos de perforación y voladura en el frente de by pass San Ignacio de la Unidad Minera J.S. Natividad.
3. Para lograr la optimización del sistema de carguío y acarreo se debe realizar estrictamente el control de tiempo de carguío y acarreo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carreón Q., Juvenal (2 001), *Optimización de Perforación y voladura en la Rampa Principal 523 sistema mecanizado Mina San Rafael*, Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Condori Apaza, Edilberto (2010). *Evaluación Geomecánica de la zona San Andrés de la mina Rinconada*. Tesis de Ingeniero Geólogo. Puno, Perú.
- Chahuares Sairitupa, F. C. (2012) *Nuevo Diseño de Malla para Mejorar la Perforación y Voladura en Proyectos de Explotación y Desarrollo Mina EL COFRE*.
- Chambi Flores, Alan (2011), *Optimización de Perforación y Voladura en la Ejecución de la Rampa 740 – Unidad Vinchos – Volcan S.A.A*
- EXSA (2001) *Manual Práctico de Voladura* ,Edición Especial. Perú.
- Frisancho Triveño, Giovanni (2006) *Diseño de Mallas de Perforación en Minería Subterránea*.
- Hoek, E; Brown E.T. (1985). *Titulo Excavaciones subterráneas en rocas*. México
- Herrera Quispe, Miguel (2008). *Informe de suficiencia, Análisis sistémico para el desarrollo del mantenimiento proactivo en equipos de bajo perfil para minas subterráneas*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima.
- Jáuregui Aquino, Alberto (2009), tesis: *Reducción de costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura*. Presentada a la Facultad de Ciencias Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Laubacher, Gerard. (1978), Estudio geológico de la Región Norte del Lago Titicaca.

- Lázaro, Agustín Emilio (1996). *Tesis de competencia profesional, Operación y mantenimiento de maquinaria pesada en base a criterios de seguridad.* Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima.

- Mendoza, Juan (2006), *Perforación y voladura*, Universidad Nacional de Ingeniería Lima.

- Minera J.S. Natividad (2016) Informe Técnico

- Rodríguez Velásquez, Roger Hernán (2011), *Mejoramiento de Operaciones Unitarias en Labores de Desarrollo en Minería Subterránea Unidad Minera EL COFRE.*

ANEXOS

ANEXO 01

UBICACIÓN BY PASS SAN IGNACIO



Tipo de roca	: Pizarra (Metamórfica)
Estructura de la roca	: Foliada
Altitud	: 5103 m.s.n.m.

ANEXO 02

EQUIPO DE ACARREO



Equipo : Dumper
Marca : Denver
Capacidad : 6 TM
Distancia de recorrido : 110m.

ANEXO 03

EQUIPO DE CARGUÍO



Equipo : Scooptram
Marca : Jarvis Clark
Capacidad : 2,5 yd³
Distancia de recorrido : 110 m.

PLANOS

- Plano Topográfico Subterráneo
- Plano Geológico de Mina