

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Diseño de malla de perforación y voladura en frentes  
de avance para reducción de costos y optimización  
de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de  
Morococha S.A.A-Unidad San Vicente, Vitoc  
Junín, 2018**

Gerald Waldir Gago Orna

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **ASESOR**

Ing. Benjamín Manuel Ramos Aranda

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a Dios, por su bendición e iluminación en mi día a día; a mis padres Willy Gago y Edith Orna, por haberme dado la vida, sus sabios consejos y su apoyo constante; al Ing. Benjamín Ramos, por darme la orientación, los conocimientos y los valores para el desarrollo de la presente investigación y que me servirán en mi vida profesional; a todas las personas involucradas en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A, tanto ingenieros como trabajadores, de quienes aprendí mucho durante el tiempo que laboré en esta prestigiosa empresa.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Willy y Edith, por haberme dado los valores necesarios, apoyarme con mi educación, mi desarrollo profesional y formarme como una persona de bien.

## ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE .....	V
LISTA DE TABLAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE GRÁFICOS .....	X
LISTA DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.1.2.1. Problema general .....	16
1.1.2.2. Problemas específicos .....	16
<b>1.2. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....</b>	<b>17</b>
1.3.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	17
1.3.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	17
1.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	17
<b>1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	18
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	18
<b>1.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>18</b>
1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	18
1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES .....	18
<b>1.6. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>19</b>
1.6.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL .....	20
1.6.1.1. Malla de perforación y voladura .....	20
1.6.1.2. Costos de perforación y voladura.....	20
1.6.1.3. Tiempo de perforación.....	20
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. GENERALIDADES DE LA COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA</b>	
<b>S.A.A. ....</b>	<b>24</b>
2.2.1. UBICACIÓN.....	25
2.2.2. ACCESIBILIDAD .....	26
2.2.3. MARCO GEOLÓGICO .....	26
2.2.3.1. Geología regional .....	26
2.2.3.2. Geología local del área.....	27
2.2.3.3. Rocas ígneas.....	32
2.2.3.4. Marco estructural.....	32
2.2.4. CARACTERÍSTICAS GEOMECAÑICAS .....	34
2.2.4.1. Diseño de sostenimiento .....	34
2.2.4.2. Tiempos de autosoporte de excavaciones.....	34

2.2.4.3. Tablas GSI de SIMSA .....	35
2.2.5. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN.....	40
2.2.5.1. Corte y relleno ascendente .....	40
2.2.5.2. Cámaras y pilares.....	41
2.2.6. PERFORACIÓN Y VOLADURA EN SIMSA.....	42
2.2.7. PRINCIPALES LABORES DE AVANCE EN SIMSA .....	49
2.2.7.1. Rampa 240 – Nivel 1430 .....	49
2.2.7.2. Rampa 8090 – Nivel 1430.....	50
2.2.7.3. Rampa 940 – Nivel 1515 .....	50
<b>2.3. BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>51</b>
2.3.1. FÓRMULAS MATEMÁTICAS (MÉTODO HOLMBERG) .....	51
2.3.2. EXPLOSIVOS.....	59
2.3.3. PERFORACIÓN .....	60
2.3.4. VOLADURA.....	65
<b>2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>73</b>
3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	73
3.1.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
<b>3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>73</b>
3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	74
3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	74
<b>3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>74</b>
3.3.1. POBLACIÓN.....	74
3.3.2. MUESTRA .....	74
<b>3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>74</b>
3.4.1. TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	74
3.4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	75
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1. DISEÑO DE LAS NUEVAS MALLAS DE PERFORACIÓN.....</b>	<b>76</b>
4.1.1. DISEÑO DE MALLA 4.0 m. x 4.0 m. ....	76
4.1.2. DISEÑO DE MALLA 3.0 m. x 3.0 m. ....	82
<b>4.2. RESUMEN DE DISPAROS APLICADOS EN CAMPO CON LAS NUEVAS MALLAS .</b>	<b>88</b>
<b>4.3. COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS APLICANDO LAS NUEVAS MALLAS DE PERFORACIÓN.....</b>	<b>93</b>
4.3.1. TIEMPOS DE PERFORACIÓN.....	93
4.3.2. COSTOS POR METRO DE AVANCE.....	94
4.3.3. AHORRO DE COSTOS EN PERFORACIÓN .....	95
4.3.4. AHORRO DE COSTOS EN VOLADURA.....	96
4.3.5. AHORRO DE COSTOS TOTALES EN PERFORACIÓN Y VOLADURA .....	98
4.3.6. AHORRO DE TIEMPOS TOTALES .....	99
<b>4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>101</b>
4.4.1. AVANCE POR DISPARO.....	101
4.4.2. FACTOR DE CARGA .....	103
4.4.3. FACTOR DE AVANCE .....	105
4.4.4. FACTOR DE POTENCIA .....	107
4.4.5. KG EXPLOSIVO VS % SOBRE EXCAVACIÓN .....	109
4.4.6. COSTO POR METRO DE AVANCE .....	111
4.4.7. HORAS POR FRENTE.....	111

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>117</b>
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	118
ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	119
ANEXO 3: CÁLCULO DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN .....	120
ANEXO 4: DETALLE DEL CÁLCULO DE COSTO POR METRO DE AVANCE .....	122
ANEXO 5: PROGRAMA DE AVANCES CÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. 2018.....	130
ANEXO 6: MALLAS ESTÁNDAR .....	131
ANEXO 7: NUEVAS MALLAS PROPUESTAS .....	135
ANEXO 8: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA .....	139
ANEXO 9: FOTOGRAFÍAS DE CAMPO.....	141
ANEXO 10: PLANOS DE LAS PRINCIPALES LABORES DE AVANCE EN SIMSA .....	143

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tiempo de autosoporte según la sección .....	34
Tabla 2: Tabla GSI para labores temporales, secciones mayores a 3.5 m. x 3.5 m. ....	37
Tabla 3: Tabla GSI para labores temporales, secciones 3.0 m. x 3.0 m, 3.5 m. x 3.0 m y 3.5 m. x 3.5 m. ....	38
Tabla 4: Tabla GSI para labores permanentes .....	39
Tabla 5: Características técnicas del explosivo utilizado en SIMSA.....	42
Tabla 6: Distribución de carga de la malla estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m.....	44
Tabla 7: Distribución de carga de la malla estándar, sección 3.0 m. x 3.0 m.....	47
Tabla 8: Fórmulas para cálculo de burden y sección.....	54
Tabla 9: Cálculo de distancia entre taladros de acuerdo a la dureza de roca .....	56
Tabla 10: Cálculo del coeficiente de roca de acuerdo a la dureza de roca .....	56
Tabla 11: Distribución de carga de la nueva malla, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	79
Tabla 12: Distribución de carga de la nueva malla, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	86
Tabla 13: Datos obtenidos en campo con la nueva malla de perforación, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	89
Tabla 14: Datos obtenidos en campo con la nueva malla de perforación, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	91
Tabla 15: Tiempos por frente, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	93
Tabla 16: Tiempos por frente, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	93
Tabla 17: Costos por metro de avance en perforación .....	94
Tabla 18: Costos por metro de avance en voladura .....	94
Tabla 19: Costos totales por metro de avance .....	94
Tabla 20: Diferencia de costos en perforación (2018) .....	95
Tabla 21: Ahorro total en perforación (2018) .....	96
Tabla 22: Diferencia de costos en voladura (2018) .....	97
Tabla 23: Ahorro total en voladura (2018) .....	97
Tabla 24: Ahorro de costos totales en perforación y voladura (2018) .....	98
Tabla 25: Horas por frente ejecutado.....	99
Tabla 26: Horas por metro de avance ejecutado .....	99
Tabla 27: Diferencia de tiempos totales en perforación y voladura (2018) .....	100
Tabla 28: Ahorro de tiempos totales en perforación y voladura (2018) .....	100
Tabla 29: Tiempos de perforación tomados en campo (45 mm) .....	120
Tabla 30: Tiempos de perforación tomados en campo (rimado) .....	121
Tabla 31: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la malla estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	122
Tabla 32: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la malla estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	123
Tabla 33: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la nueva malla propuesta, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	124
Tabla 34: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la nueva malla propuesta, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	125
Tabla 35: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la malla estándar de 3.0 m. x 3.0 m. ....	126
Tabla 36: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la malla estándar de 3.0 m. x 3.0 m. ....	127
Tabla 37: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la nueva malla propuesta, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	128
Tabla 38: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la nueva malla propuesta, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	129
Tabla 39: Programa de avances 2018 .....	130

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación San Ignacio de Morococha S.A.A. ....	25
Figura 2: Accesibilidad San Ignacio de Morococha S.A.A. ....	26
Figura 3: Mapa geológico regional de SIMSA.....	31
Figura 4: Relleno detrítico y/o hidráulico en SIMSA.....	41
Figura 5: Tipos de perforación en SIMSA.....	43
Figura 6: Malla de perforación estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	45
Figura 7: Malla de perforación estándar, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	48
Figura 8: Vista en planta de la Rp 240 – Nv 1430 .....	49
Figura 9: Vista en planta de la Rp 8090 – Nv 1430 .....	50
Figura 10: Vista en planta de la Rp 940 – Nv 1515 .....	50
Figura 11: Tipos de taladros usados bajo diferentes condiciones de voladura .....	51
Figura 12: Corte de secciones. ....	53
Figura 13: Detonación. ....	59
Figura 14: Nueva malla de perforación propuesta, sección 4.0 m. x 4.0 m.....	81
Figura 15: Nueva malla de perforación propuesta, sección 3.0 m. x 3.0 m.....	87
Figura 16: Nueva malla propuesta plasmada en campo, Rp 940.....	141
Figura 17: Nueva malla propuesta plasmada en campo, Rp 240.....	141
Figura 18: Nueva malla propuesta plasmada en campo de color azul, Rp 940 .....	142
Figura 19: Medias cañas después de disparo .....	142

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado para diferentes distancias de los taladros cargados a los vacíos.....	54
Gráfico 2: Resumen de avances por disparo, sección 4.0 m. x 4.0 m.....	101
Gráfico 3: Resumen de avances por disparo, sección 3.0 m. x 3.0 m.....	102
Gráfico 4: Resumen de factores de carga, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	103
Gráfico 5: Resumen de factores de carga, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	104
Gráfico 6: Resumen de factores de avance, sección 4.0 m. x 4.0 m.....	105
Gráfico 7: Resumen de factores de avance, sección 3.0 m. x 3.0 m.....	106
Gráfico 8: Resumen de factores de potencia, sección 4.0 m. x 4.0 m.....	107
Gráfico 9: Resumen de factores de potencia, sección 3.0 m. x 3.0 m.....	108
Gráfico 10: Resumen de kg explosivo vs % sobre excavación, sección 4.0 m. x 4.0 m. ....	109
Gráfico 11: Resumen de kg explosivo vs % sobre excavación, sección 3.0 m. x 3.0 m. ....	110

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	118
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables .....	119
Anexo 3: Cálculo de tiempos de perforación .....	120
Anexo 4: Detalle del cálculo de costo por metro de avance .....	122
Anexo 5: Programa de avances Cía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. 2018.....	130
Anexo 6: Mallas estándar .....	131
Anexo 7: Nuevas mallas propuestas.....	135
Anexo 8: Análisis de granulometría .....	139
Anexo 9: Fotografías de campo .....	141
Anexo 10: Planos de las principales labores de avance en Simsa.....	143

## RESUMEN

Actualmente, el diseño de una malla de perforación y voladura es fundamental en toda empresa minera; la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A, cuenta con estándares establecidos en lo que respecta a perforación y voladura, y a pesar de ello, se tienen problemas latentes en costos de voladura y en deficiencia de avances.

El presente trabajo de investigación, consiste en el diseño de nuevas mallas de perforación para frentes de avance con secciones de 3.0 m. x 3.0 m. y 4.0 m. x 4.0 m.

Se aplicaron las mallas en las principales labores de avance (Rp 240 – Nv 1430, Rp 8090 – Nv 1430 y Rp 940 – Nv 1515) obteniendo buenos resultados; luego, se procede con el cálculo de los costos y tiempos que se optimizarán de aplicarlas durante todo el año 2018 (todo esto basándonos en el Plan Anual de Avances 2018 de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.).

Finalmente, al implementar las nuevas mallas de perforación se tiene: que anteriormente el costo por metro de avance en una sección de 4.0 m. x 4.0 m. era de 232.68 US\$ y ahora es de 218.88 US\$/m. El costo por metro de avance en una sección de 3.0 m. x 3.0 m. era de 170.53 US\$/m. y ahora es de 170.00 US\$/m.

Anteriormente el tiempo que se tomaba para llevar a cabo un metro de avance en una sección de 4.0 m. x 4.0 m. era de 1.03 hr/m. y ahora es de 0.97 hr/m. El tiempo que se tomaba para llevar a cabo un metro de avance en una sección de 3.0 m. x 3.0 m. era de 0.75 hr/m. y ahora es de 0.74 hr/m.

Todo esto conlleva a realizar un ahorro económico durante el año 2018 de 140,875 US\$/año y una optimización de tiempos durante el año de 658 hr/año.

## ABSTRACT

Currently, the design of a perforation and blasting mesh is fundamental in every mining company; Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A, has established standards in regard to drilling and blasting, and in spite of this, there are latent problems in blasting costs and in deficiency of advances.

The present work of investigation, consists in the design of new meshes of perforación for fronts of advance with sections of 3,0 m. x 3.0 m and 4.0 m. x 4.0 m.

The meshes were applied in the main advance works (Rp 240 - Nv 1430, Rp 8090 - Nv 1430 and Rp 940 - Nv 1515) obtaining good results; then, we proceed with the calculation of the costs and times that will be optimized to apply them throughout the year 2018 (all this based on the Annual Plan of Advances 2018 of the Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.).

Finally, when implementing the new perforation meshes we have: that previously the cost per meter of progress in a section of 4.0 m. x 4.0 m it was US \$ 232.68 and now it is US \$ 218.88 / m. The cost per meter of progress in a section of 3.0 m. x 3.0 m it was 170.53 US \$ / m. and now it is 170.00 US \$ / m.

Previously the time it took to carry out one meter of progress in a section of 4.0 m. x 4.0 m it was 1.03 hr / m. and now it is 0.97 hr / m The time it took to carry out one meter of progress in a section of 3.0 m. x 3.0 m it was 0.75 hr / m. and now it is 0.74 hr / m.

All this leads to an economic saving during the year 2018 of 140,875 US \$ / year and an optimization of times during the year of 658 hr / year.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es referente al Diseño de Malla de Perforación y Voladura en Frentes de Avance para Reducción de Costos y Optimización de Tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.-Unidad San Vicente, situado en el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín. En el cual se aplicaron las fórmulas matemáticas propuestas por Holmberg para influir positivamente en los Costos de Perforación y Voladura de la empresa, y mejorar los tiempos que se toma en llevar a cabo la ejecución de un frente.

El presente trabajo se desarrolla en base a 4 capítulos:

CAPÍTULO I: Planteamiento del Estudio; en el cual definimos el problema general que es cuál será la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos de perforación y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.

CAPÍTULO II: Marco Teórico; en el cual se tiene como principal base teórica el método de Holmberg para el diseño de las nuevas mallas de perforación.

CAPÍTULO III: Metodología; donde observamos que se utilizará el método de investigación científica, de tipo aplicada y de nivel descriptivo.

CAPÍTULO IV: Resultados y Discusión; aquí veremos todo el procedimiento para el cálculo del ahorro en costos y la optimización de tiempos final que se obtendrán con la aplicación de estos nuevos diseños de malla de perforación y voladura.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, actualmente se encuentra ejecutando un plan de desarrollo y de profundización en las Rampas negativas 240 y 8090. Ambas Rampas tienen el objetivo de llegar a un yacimiento de mineral definido para posteriormente proceder con su explotación.

Debido a la urgencia que se tiene por materializar la explotación de estos nuevos hallazgos, se estableció que se lleven a cabo 2 disparos al día en dichas Rampas, aumentando aún más la importancia de estas labores.

Actualmente se cuenta con un estándar de perforación definido para ambas rampas; sin embargo, se tiene un problema tangente de exceso de costos en lo que refiere a voladura.

Además, por la gran cantidad de agua que se tiene (21 l/seg), ocurren diversos inconvenientes por inundaciones, ya sean después de la voladura o por cortes no programados de energía; por lo que se han dado casos en donde el tiempo de perforación del frente ha sido demasiado extenso y no se ha llevado a cabo la voladura del mismo.

## **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?
- b. ¿Cuál es la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?
- c. ¿Cuál es la influencia de la disminución del factor de carga en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Determinar la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.

- b. Determinar la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.
- c. Determinar la influencia de la disminución del factor de carga en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El proyecto a realizar se justifica, ya que actualmente se tiene un problema con el exceso de costos en lo que refiere a voladura, y es de suma importancia para la empresa trabajar en la disminución del consumo de explosivos a través del factor de carga.

Otro inconveniente que se tiene, es optimizar el avance a través del cumplimiento del plan de los 2 disparos al día que se tiene; y esto se logrará disminuyendo el tiempo de perforación del frente a través de la disminución del número de taladros de la malla de perforación.

#### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Este trabajo no contempla alguna justificación social por ser aplicada únicamente para intereses económicos.

#### **1.3.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

El presente trabajo de investigación aportará en lo que respecta a la aplicación operativa de: cómo un modelo matemático de diseño de malla de perforación es llevado al campo, y este logra los resultados esperados y obtenidos en los cálculos realizados.

#### **1.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Aplicando este trabajo de investigación, la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. logrará una gran optimización económica a través de la disminución de los costos tanto en Perforación como en Voladura.

### **1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura influye positivamente en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.

#### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- a. La disminución del número de taladros de perforación influye positivamente en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.
- b. La disminución del número de taladros de perforación influye positivamente en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.
- c. La disminución del factor de carga influye positivamente en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.

### **1.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

Las variables que se han de tener en cuenta son:

#### **1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES**

$X_1$ : Malla de Perforación y Voladura

#### **1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

$Y_1$ : Costos de Perforación y Voladura

$Y_2$ : Tiempo de Perforación

## 1.6. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DE CONSISTENCIA.			
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES
<p>➤ ¿Cuál es la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p>	<p>➤ Determinar la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p>➤ La aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura influye positivamente en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>➤ X1: Malla de Perforación y Voladura.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	
<p>➤ ¿Cuál es la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p> <p>➤ ¿Cuál es la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p> <p>➤ ¿Cuál es la influencia de la disminución del factor de carga en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p>	<p>➤ Determinar la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ Determinar la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ Determinar la influencia de la disminución del factor de carga en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p>➤ La disminución del número de taladros de perforación influye positivamente en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ La disminución del número de taladros de perforación influye positivamente en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ La disminución del factor de carga influye positivamente en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>➤ Y1: Costos de Perforación y Voladura.</p> <p>➤ Y2: Tiempo de Perforación.</p>

## **1.6.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

### **1.6.1.1. Malla de perforación y voladura**

Es un conjunto de taladros que se perforan en un frente y que tienen una ubicación, dirección, inclinación y profundidad determinadas. Todos estos con el fin de almacenar explosivos en su interior, cada uno con un respectivo tiempo de retardo, que luego de detonar ocasionarán la excavación de un macizo rocoso.

Indicadores

- Número de taladros
- Factor de carga (Kg/m<sup>3</sup>)

### **1.6.1.2. Costos de perforación y voladura**

Es el valor monetario de dicha operación unitaria necesaria para mantener el proyecto en funcionamiento.

Indicadores

- US\$/metro de avance

### **1.6.1.3. Tiempo de perforación**

Es un conjunto de tiempos que influyen en la perforación de un frente, tales como: tiempo de percusión, traslape y barrido.

Indicadores

- hr/frente

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las investigaciones que antecede respecto al presente trabajo son:

- 1. Diseño de malla de perforación para optimizar la voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcan S.A.A.**

#### **AUTOR**

LARA BALTAZAR, Oscar Rafael

#### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar mallas de perforación y voladura subterránea competentes.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando parámetros de carga, explosivo y roca.
- Conocer el porcentaje pasante, por medio de un análisis de fragmentación al diseño de las mallas de perforación y voladura.

#### **CONCLUSIONES**

- Al aplicar el arranque hexagonal especialmente en terrenos con un  $RMR > 41$ , facilita proveer caras libres adicionales a los demás cuadrantes. Además la ventaja de este tipo de arranque es que el rendimiento de avance por disparo es eficiente.

- Al emplear cartuchos de menor poder rompedor en las coronas como el exadit 45% y/o exsablock 45%, se minimiza los daños al macizo rocoso y por ende se mejora la voladura.
- Utilizando la teoría de Holmberg, de diseño mallas de perforación y voladura, se ha mejorado en avances lineales de las RP 980, RP 040, RP 042, BP 616 en comparación a lo anterior.
- El modelo predictivo de Kuz - Ram es una buena herramienta para analizar la tendencia de la fragmentación para diferentes diseño de malla de perforación y voladura.
- La eficiencia del disparo ha mejorado, pasando de 77% antes a 88% después de diseñada la malla, aumentado en 11% la eficiencia. (01)

## **2. Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la galería Profreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.**

### **AUTOR**

CHIPANA TITO, Rudy Milton

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el diseño de malla de perforación y la carga explosiva adecuada para reducir los costos en la ejecución de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar la malla adecuada de perforación para reducir los costos de perforación en el frente de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.
- Determinar la carga explosiva adecuada para reducir los costos de voladura en el frente de la Galería Progreso de Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.

## **CONCLUSIONES**

- Con la determinación del diseño de la malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se ha reducido los costos en la ejecución de la Galería Progreso de US\$ 294,9 a US\$ 235,64.
- Con el nuevo diseño de malla adecuada de perforación, se ha reducido los costos de perforación de US\$ 98,48 a US\$ 87,25. Implicando a estandarizar los búrdenes y espaciamientos en el frente de la Galería Progreso de la contrata minera Cavilquis.
- Con la determinación de la carga explosiva se ha reducido los costos de voladura de US\$ 196,42 a US\$ 148,39.
- El número de taladros se ha disminuido de 45 taladros perforados a 42 taladros perforados según el análisis de cálculos matemáticos y la geología de la roca que presenta en la Galería Progreso de la minera Cavilquis lográndose muy buenos resultados.
- El factor de carga ha disminuido de 2,89 kg /m<sup>3</sup> a 1,8 kg /m<sup>3</sup> con respecto a la anterior malla de perforación en la Galería progreso de la contrata minera Cavilquis. (02)

### **3. Implementación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance, en la Mina San Cristobal de la Cia. Minera Bateas S.A.C.**

#### **AUTORES**

TAIPE OBREGÓN, José Antonio

MARCAÑAUPA CHANCAS, Demecio

#### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar si la implementación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avances reducirá los costos en la Mina San Cristóbal de la Cía. Minera Bateas SAC.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la cantidad de taladros y explosivos apropiados para aumentar la eficiencia de la voladura y reducir costos en frentes de avance.
- Evaluar la eficiencia de una nueva secuencia de voladura en frentes de avances para optimizar la voladura, a través de pruebas in situ en el terreno.

- Determinar la intervención de las condiciones geo mecánicas para un nuevo modelo de malla de perforación y voladura.

## **CONCLUSIONES**

- El presente trabajo de investigación denominada “Implementación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance, en la mina San Cristóbal de la Cia. Minera Bateas S.A.C.”, tuvo por finalidad evaluar la implementación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para reducir los costos por metro lineal de frentes de avance de secciones de 3 x 3 metros, este objetivo conllevó a mejorar la eficiencia de disparos, reducir y determinar el consumo de los explosivos y accesorios de voladura adecuados, con esta mejoría se obtuvo una disminución del costo y mayor utilidad para la empresa minera.
- Los resultados que se obtuvo con la nueva malla de perforación y voladura fueron positivos y los esperados, con los cuales se inició una serie de capacitaciones al personal de operación, mostrándoles los resultados anteriores y actuales, concientizándolos y comprometiéndoles a realizar el nuevo diseño ya establecido, de esta forma se obtuvo el compromiso de todo el personal, y se obtuvo la reducción de costos que se esperaba.
- Se realizó seguimientos para verificar que se cumpla el diseño establecido, se continuó con las capacitaciones in situ, enseñando el correcto carguío, ensebado, principalmente para la voladura controlada en la corona, y controlar el consumo de explosivo, ya que de este dependía el incremento del costo. De esta forma se logró mayor compromiso del personal de operación, y se logró la aplicación de dicha malla en la totalidad de labores que tenían la sección de 3 x 3 metros y un gradiente máximo de 5%.
- En base de la información recopilada y mostrada anteriormente en los cuadros, se puede concluir, que con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura se ha se ha reducido los costos, ya que en el mes de enero el costo de avance era de 505 US\$/ , y en el mes de marzo luego de aplicar la nueva malla de perforación y voladura, el costo es de 340 US\$/ por metro lineal de avance en frentes de 3 x 3 metros, teniendo una reducción que supera los 200 US\$/ por metro de avance. (03)

## **2.2. GENERALIDADES DE LA COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.**

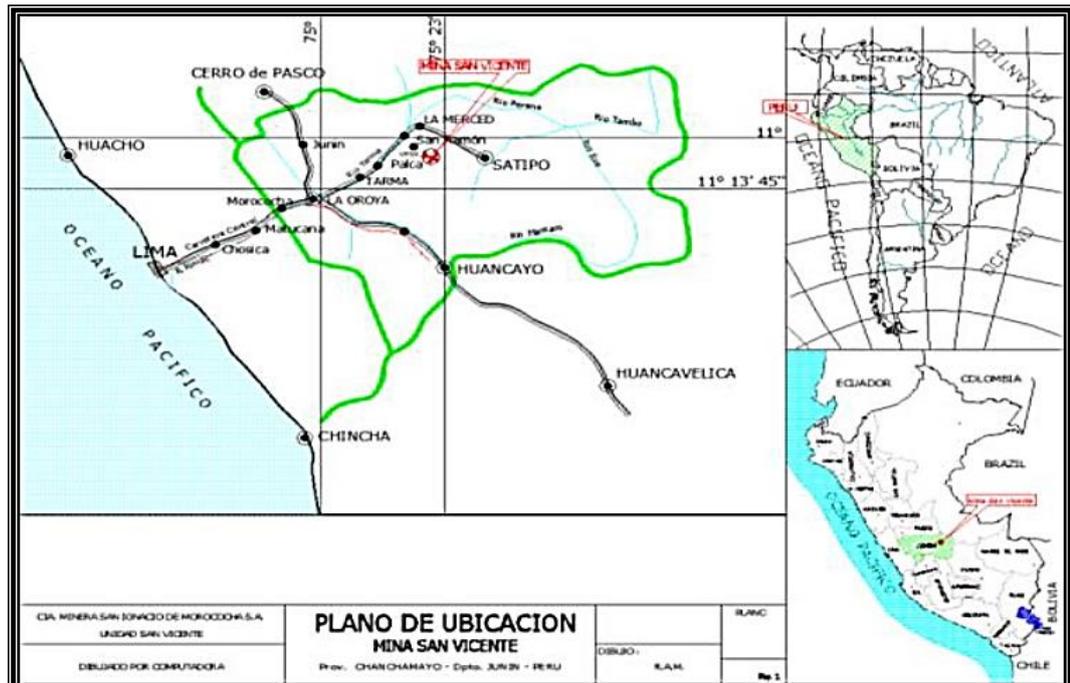
## 2.2.1. UBICACIÓN

La mina San Vicente (UEA's San Vicente – Palmapata – Chilpes), está ubicada: políticamente en el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo, región Junín, en las estribaciones orientales de Los Andes centrales peruanos a una altitud promedio de 1570 m.s.n.m, entre las siguientes coordenadas UTM tomados en el punto central (Nv 1630) (15)

- E = 458 195
- N = 8 758 608.
- C = 1570 m.s.n.m.

El área de estudio corresponde a la zona 18, del segmento Noroeste del cuadrángulo de la merced, hoja 23-m. (15)

Figura 1: Ubicación San Ignacio de Morococha S.A.A.



Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

### 2.2.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la mina San Vicente (UEAs San Vicente – Palmapata – Chilpes), es mediante la Ruta: Lima – La Oroya – Tarma – San Ramón – Vitoc - San Vicente; por la carretera Central con un recorrido total 317 km entre pista asfaltada y carretera afirmada. (15)

Figura 2: Accesibilidad San Ignacio de Morococha S.A.A.

Ruta	Tramo	Dist. (Km)	Tiempo (hr)*	Tipo de Vía	Conservación
22	Lima - La Oroya	174	3.00	Asfaltado	Regular
22B	La Oroya - Tarma	55	1.00	Asfaltado	Regular
22 b	Tarma - San Ramón	71	1.30	Asfaltado	Regular
101	San Ramón - San Vicente	17	0.40	Afirmado	Regular
TOTAL		317	6.10		

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

### 2.2.3. MARCO GEOLÓGICO

#### 2.2.3.1. Geología regional

En la zona de San Vicente, las rocas que se distinguen regionalmente, van desde el Precámbrico con el Complejo Maraynioc (esquistos y gneis micáceos) seguidamente sobre esta se desarrollan rocas sedimentarias de edades paleozoicas con la presencia del Grupo Excelsior (areniscas y limonitas) suprayaciendo el Grupo Tarma y Copacabana (calizas bioclásticas), posteriormente en secuencia transicional Permo-triásico se desarrolla el Grupo Mitu con facies clásticas, constituidas por areniscas, limonitas y conglomerados plutonoclasticos. Dentro de las rocas clásticas del Mesozoico se desarrollan el Grupo Pucará con las Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga constituidas por calizas dolomíticas, dolomías ooides, calizas bituminosas, calizas porosas y dolomicritas. En cuanto a los intrusivos estos datan de edades Permo-triásicas los cuales están constituidos por el Granito San Ramón y la Granodiorita Tarma, asimismo se hallan intrusivos menores. (15)

### **2.2.3.2. Geología local del área**

La geología de San Vicente se compone de estratos molásicos del Pérmico y calizas del Triásico y Mesozoico Condorsinga, hasta sedimentos recientes. (15)

a. Grupo Mitu

Sedimentos continentales de coloración rojiza y del tipo molásico, constituido por areniscas, limolitas, yeso y conglomerados polimícticos, constituye morfológica y litológicamente la unidad guía para determinar la posición estratigráfica del Grupo Pucará. Por relaciones de edad relativa se le considera del Permo- Triásico. (15)

b. Grupo Pucará

Secuencia carbonatada de ambiente marino que alberga la mineralización de Zinc del tipo MVT. Basados en criterios litoestratigráficos y teniendo en cuenta además la importancia económica, se han diferenciado diez unidades, de las cuales cuatro secuencias dolomíticas tienen filiación con la mineralización de Zinc, las que se describen del piso al techo. (15)

c. Unidades Basales

Está en contacto directo sobre el grupo Mitu, el paso es transicional, aunque el cambio litológico es brusco, está constituida por calizas laminares y chérticas, dolomías micríticas, limolitas calcáreas, limolitas dolomíticas, calizas intraclásticas, todas ellas caracterizadas por su elevado porcentaje de cuarzo detrítico del tamaño de limo. Su espesor varía de 160 a 380 m. (15)

- Caliza Porosa Basal

Secuencia calcáreo-dolomítica constituida por calizas-dolomíticas porosas deleznales, sueltas, con niveles de brecha calcárea, limolitas laminares, dolomías finas y algunos niveles oolíticos. Se han determinado espesores de 60 a 180 m. (15)

- Dolomía San Judas  

Es la primera secuencia de dolomías ooides alternados con niveles de dolomías finas. En esta unidad se han definido regionalmente dos barras, denominadas San Judas y Piñón; estas facies constituyen el tipo de roca que alberga la mineralización de Zinc. En la barra San Judas, a la fecha se ha diferenciado tres mantos, en el cual el tipo de mineralización es de “flujo”. Se tienen espesores de 200 a 390 m. (15)
- Caliza Neptuno  

Similar en litología a la caliza porosa basal, representa la segunda secuencia porosa, la diferencia está en la posición estratigráfica y en la distribución de las capas. Un rasgo regional característico de esta unidad, es una secuencia de calizas oolíticas (facies de barra no dolomitizadas); su espesor varía entre 20 y 170 m, constituye un importante acuífero. (15)
- Dolomía San Vicente  

En la Barra San Vicente, se ha detectado en la zona sur 5 mantos de zinc del tipo cebra, mientras que en la zona norte se tiene 9 mantos de zinc del tipo cebra y un manto de zinc del tipo masivo, estratigráficamente muestran control definido ocupando las capas intermedias a inferiores; los espesores son muy variados y van de 30 a 300 m. (15)
- Caliza Uncush  

Está constituida por calizas negras bituminosas laminares en la base y masivas al techo de toda secuencia, constituye la unidad guía para efectuar correlaciones estratigráficas. Su espesor varía de 25 a 150 m. (15)

- Dolomía Alfonso
 

Es la tercera secuencia favorable para albergar la mineralización de zinc, en esta unidad se ha desarrollado la barra Alfonso, cuya litología es similar a las otras dos unidades, la diferencia radica, en la distribución estratigráfica, así como en el grado de dolomitización y el tipo de estructura diagenética que se ha desarrollado, la cual representa grado de receptividad a la mineralización, de otro lado las dimensiones son pequeñas respecto a San Vicente.

La variación de espesores es de 20 a 170 m. (15)
- Caliza Arcopunco
 

Tercera secuencia porosa similar a las anteriores, la diferencia está en la posición estratigráfica y en la distribución a real de los afloramientos, ya que esta unidad aflora solo al norte de la mina y al sur de Sillapata.

Su espesor es de 100 a 280 m. (15)
- Dolomía Colca
 

Cuarta secuencia dolomítica favorable para albergar zinc, constituida de dolomías ooides, se ha detectado escasos indicios de mineralización de zinc, siendo necesario mayores estudios.

El espesor varía de 30 a 50 m. (15)
- Unidades Superiores
 

Constituye los niveles calcáreos sobre las secuencias favorables, litológicamente están constituidas por calizas laminares, dolomíticas, chérticas y nodulares, con niveles de dolomías micríticas.

Alcanza un espesor de 80 m. (15)

d. Formación La Merced

Constituye una secuencia de conglomerados, areniscas continentales y representan antiguos lechos de cursos de ríos que están localizados a lo largo del Valle de Chanchamayo, se consideran del Plio- Pleistoceno. (15)

e. Cuaternarios

Son depósitos actuales tanto de aluviales, coluviales, deslizamientos, derrumbes, etc, que son consecuencia del modelado del paisaje actual y nos indican la morfología dinámica del Valle de Chanchamayo. (15)



### 2.2.3.3. Rocas ígneas

- **Sub volcánico**

Dentro de las labores mineras, así como en superficie se tiene diques, lacolitos y sills que cortan la secuencia sedimentaria, pero están dolomitizados, la composición es intermedia a ácida, en algunas áreas muestran relación con piritización. (15)

- **Granito San Ramón**

Cuerpo intrusivo de naturaleza batolítica que aflora al Este de San Ramón constituido por granitos a granodioritas de textura equigranular a microgranular con elevado porcentaje de feldespato potásico, de color rojizo. (15)

- **Granodiorita Tarma**

Intrusivo de naturaleza plutónica que junto con el granito de San Ramón constituyen el batolito de la Cordillera Oriental de composición intermedia, y hornblenda como minerales secundarios presenta cuarzo, plagioclasa y ortosa, según dataciones radiométricas tienen 238 a 239 m.a. (15)

- **Intrusivos Menores**

Son pequeños cuerpos de tonalitas, granodioritas que afloran a lo largo del contacto entre el Pucara y el Mitu en la mayoría de los casos origina ligero metamorfismo de contacto del tipo de marmolización. (15)

### 2.2.3.4. Marco estructural

Se han identificado 4 sistemas principales de fallas.

- Sistema N – S

De cuenca durante la sedimentación del Pucara: cambios bruscos de Facies y espesor son atribuibles a ellas, las más representativas son la falla Alicia al Este de la mina que controla la sedimentación entre la mina Norte y quebrada Vilcapoma y la falla Solitaria al oeste de la mina que durante la tectónica andina

habría servido como zona de despegue del sobre escurrimiento del granito Tarma. (15)

En interior mina; estas estructuras son esencialmente paralelas a la estratificación (los rumbos pueden ser ligeramente variables) con buzamientos bajos al Oeste, sus desplazamientos son inversos (modelo de barajas), pero han sido reactivadas con movimientos normales de menor intensidad. Ocasionalmente, estas cortan a la estratificación. (15)

- Sistema E – W

Tienen generalmente alto ángulo de buzamiento hacia el Norte, sus desplazamientos son normal- dextral (pitch 30° E). Probablemente sean una variación del sistema NE-SW. Buenos exponentes de este sistema se encuentran al Norte de la coordenada 21,600 en el nivel 1750; así por ejemplo la falla 1640 que correlaciona en superficie con la falla Colca Sur Centro, que ha desplazado cerca de 50 m. el manto San Vicente Techo hacia el Este. (15)

- Sistema NE – SW

Tiene buzamiento generalmente al NW y su movimiento es dextral normal (< 20°), este sistema pertenece al lineamiento Puntayacu que es un conjunto de fallas con un ancho de más de 400 m. de alcance y al parecer han producido grandes desplazamientos en los componentes horizontal sobre todo al Sur de la coordenada 20,530 en el Nv. 1750. (15)

- Sistema NW – SE

Son también de alto buzamiento al SW; ocasionan desplazamiento sinistral-normal principalmente. Las fallas 860 y 1220 son los mejores exponentes en interior mina. Se originaron como fallas tensionales de un desgarré sinistral de las grandes fallas longitudinales (Solitaria y Alicia); esto explica el carácter tangencial de la falla 860 en las proximidades de la falla Alicia. Asimismo, durante la tectónica andina, que produjo el sobre escurrimiento del granito Tarma sobre el Pucará, este sistema NW-SE se comportan como conjugada del sistema

Puntayacu NE, los juegos de ambos sistemas son totalmente compatibles con el movimiento inverso de las fallas longitudinales; dando en conjunto esfuerzos compresivos E-W, que es lógico considerando el contexto tectónico regional de escamas cabalgantes de rumbo N-S. (15)

#### **2.2.4. CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS**

Las excavaciones subterráneas se realizan con equipos trackless, la explotación por el método de cámaras y pilares y corte y relleno ascendente; con particularidades y limitaciones propias que impone la geometría del yacimiento (Buzamiento de los mantos mineralizados) y la infraestructura existente. (15)

El comportamiento del macizo rocoso está directamente relacionado con el número de familias de discontinuidades existentes, la dureza y la caracterización litológica estructural del macizo rocoso. (15)

##### **2.2.4.1. Diseño de sostenimiento**

En la excavación subterránea se debe considerar la infraestructura como soporte de roca. Para ello se requiere transformar el macizo rocoso que circunda la excavación, de un elemento que ejerce cargas a un elemento capaz de resistir éstas. Se trata entonces de dejar transcurrir los procesos de distensión alrededor de la excavación.

Este objetivo se consigue mediante la aplicación de elementos de sostenimiento semi rígidos como pernos, mallas electrosoldadas, entre otros tipos de sostenimiento, los mismos que se deberán aplicar en forma oportuna, pues inicialmente se requieren fuerzas mínimas para evitar el deslizamiento y colapso de la roca, no siendo así, una vez iniciado el movimiento en cuyo caso se requieren considerables fuerzas para estabilizar. (15)

##### **2.2.4.2. Tiempos de autoaporte de excavaciones**

**Tabla 1: Tiempo de autoaporte según la sección**

UEA	ZONA	RMR	TIEMPO DE AUTOSOORTE			
			Sección: 3.5 x 3.0 m	Sección: 4.5 x 4.0 m	Sección: 6.0 x 4.0 m	Sección: 8.0 x 4.0 m
SAN VICENTE	RHAMYS	48	2 semanas	1 semana	4 días	3 días
	NUEVO RHAMYS	56	2 meses	3 semanas	2 semanas	1 semana
	SUR	54	1 mes	3 semanas	NO APLICA	NO APLICA
	SAN JUDAS	54	1 semana	3 días	NO APLICA	NO APLICA
PALMAPATA	SUR 335/DOMO	34/29	1 día	8 horas	NO APLICA	NO APLICA
CHILPES	MANGANESO	55	1 mes	2 semanas	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

### 2.2.4.3. Tablas GSI de SIMSA

#### a. Estructura

Se realizan mediciones con wincha en el frente, corona o hastiales de la labor, para determinar el promedio de fracturas por metro cubico que se presentan. Así se determina el grado de fracturamiento, con rocas que van desde: Fracturada (F), Muy Fracturada (MF), Intensamente Fracturada (IF) o Triturada (T).  
(15)

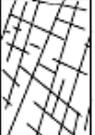
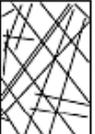
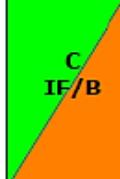
#### b. Condición Superficial

Se dan golpes de picota para tratar de romper, indentar o disgregar la roca, y también con el uso del martillo de SCHMIDT o Esclerómetro; para determinar la dureza de la roca: con parámetros que van desde: Buena (B), Regular (R), Pobre (P) o Muy Pobre (MP).

Una vez obtenidos, los parámetros de estructura y condición superficial se interceptan en una matriz y se obtiene su clasificación, por ejemplo MF/B (Muy fracturada buena) y con qué tipo de soporte está asociada. Los cuadros a su vez están divididos en un triángulo superior y uno inferior con dos colores diferentes, para el caso de no tener factores influyentes, se aplica el sostenimiento asociado al color del triángulo superior y

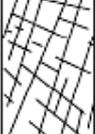
en caso de tener factores influyentes (Presencia de agua, fallas, sobre-excavación, labores cercanas, etc.) se aplica el sostenimiento asociado al color inferior, actualmente se tiene tres tablas geomecánicas: Dos para efectuar el sostenimiento de labores temporales y una para labores permanentes. (15)

Tabla 2: Tabla GSI para labores temporales, secciones mayores a 3.5 m. x 3.5 m.

 <b>COMPANÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</b> SOSTENIMIENTO DE LABORES DE EXPLOTACION Y DESARROLLO -CAMARAS DDH (TEMPORALES) SEGUN GSI MODIFICADO (Secciones mayores a 3.50 x 3.50 m hasta 8.00 x 5.50 m.)							
<b>A</b> SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (Perno Split Set de 7' Longitud de acero negro)		<b>B</b> PERNO SISTEMATICO 1.5 X 1.5 m. (Perno Split Set de 7' Longitud de acero negro)		<b>C</b> MALLA ELECTROSOLDADA Y PERNOS SISTEMATICOS 1.0 X 1.0 m. (Split Set de acero negro de 7', malla de acero negro #10)		<b>D</b> SHOTCRETE REFORZADO (5 cm. ó 2")	
<b>E</b> SHOTCRETE REFORZADO (7.5 cm. ó 3")		<b>F</b> CIMBRAS O CERCHAS METALICAS (1.0 - 1.5 m.).		<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>		<b>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA)</b>	
<b>ESTRUCTURA</b>		<b>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA)</b>		<b>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA)</b>		<b>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA)</b>	
		SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 Mpa) (NO SE ROMPE O SÓLO SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA).		DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (100 a 250 Mpa) (SE ROMPE CON 3 O MÁS GOLPES DE PICOTA).		DISCONTINUIDADES LISAS ALTERADA, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc. 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	
		<b>POBRE (MOD. RESISTENTE, MUY ALTERADA)</b>				SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIASIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 Mpa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA).	
 <b>FRACTURADA</b> MUY BIEN TRABADA NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ORTOGONALES (RQD.50 - 75), (6 A 12 FRACT. POR METRO).	 <b>A</b> F/MB	 <b>A</b> F/B	 <b>B</b> F/R	 <b>C</b> F/P			
 <b>MUY FRACTURADA</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD.25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	 <b>A</b> MF/MB	 <b>B</b> MF/B	 <b>C</b> MF/R	 <b>D</b> MF/P			
 <b>INTENSAMENTE FRACTURADA</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, O IRREGULARES. (RQD. 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO).		 <b>C</b> IF/B	 <b>D</b> IF/R	 <b>E</b> IF/P			
 <b>TRITURADA O BRECHADA</b> LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES. ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD).			 <b>E</b> T/R	 <b>F</b> T/P			

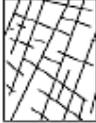
Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

Tabla 3: Tabla GSI para labores temporales, secciones 3.0 m. x 3.0 m, 3.5 m. x 3.0 m y 3.5 m. x 3.5 m.

 <b>COMPANÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</b> SOSTENIMIENTO DE LABORES DE EXPLORACION, PREPARACION, Y DESARROLLO EN ESTRUCTURA (TEMPORALES) SEGÚN GSI MODIFICADO (Secc. 3.00 X 3.00, 3.5 x 3.00 m., 3.50 x 3.50 m.)					
<b>ESTRUCTURA</b> SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (Perno Split Set de 5' Longitud de acero negro) PERNO SISTEMATICO 1.5 X 1.5 m. (Perno Split Set de 5' Longitud de acero negro) MALLA ELECTROSOLDADA Y PERNOS SISTEMATICOS 1.0 X 1.0 m. (Split Set de acero negro de 5', malla de acero negro #10) SHOTCRETE REFORZADO (5 cm. ó 2") SHOTCRETE REFORZADO (7.5 cm. ó 3") CIMBRAS O CERCHAS METALICAS (1.0 - 1.5 m.).		<b>CONDICION SUPERFICIAL</b> MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS, (Rc > 250 Mpa) (NO SE ROMPE O SÓLO SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA).		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (100 a 250 Mpa) (SE ROMPE CON 3 O MÁS GOLPES DE PICOTA).	
		REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS ALTERADA, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc. 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)		POBRE (MOD. RESISTENTE, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRUCCIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 Mpa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA).	
 <b>FRACTURADA</b> MUY BIEN TRABADA NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ORTOGONALES (RQD.50 - 75), (6 A 12 FRACT. POR METRO).	A F/MB	A F/B	B F/R	C F/P	
 <b>MUY FRACTURADA</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD.25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	A MF/MB	B MF/B	C MF/R	D MF/P	
 <b>INTENSAMENTE FRACTURADA</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, O IRREGULARES. (RQD. 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO).		C IF/B	D IF/R	E IF/P	
 <b>TRITURADA O BRECHADA</b> LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES. ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD).			E T/R	F T/P	

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

Tabla 4: Tabla GSI para labores permanentes

 <b>COMPANIA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</b> <b>SOSTENIMIENTO DE LABORES DE INVERSION</b> <b>PREPARACION (PERMANENTES) SEGUN GSI</b> <b>MODIFICADO (Secciones 4.50 x 4.00 m. y 4.00 x 4.00 m.)</b>					
<b>A</b> SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (Split Set Galvanizado de 7' Longitud.) <b>B</b> PERNO SISTEMATICO 1.5 X 1.5 m. (Split Set Galvanizado de 7' Longitud.) <b>C</b> MALLA ELECTROSOLDADA Y PERNOS SISTEMATICOS 1.0 X 1.0 m. (Split Set Galvanizado de 7' Longitud , malla galvanizada) <b>D</b> SHOTCRETE REFORZADO (5 cm. ó 2") <b>E</b> SHOTCRETE REFORZADO (7.5 cm. ó 3") <b>F</b> CIMBRAS O CERCHAS METALICAS (1.0 - 1.5 m.).		<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>			
<b>ESTRUCTURA</b>		<b>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA)</b> SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E (INALTERADAS, CERRADAS, (Rc > 250 Mpa) (NO SE ROMPE O SÓLO SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA).	<b>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (100 a 250 Mpa) (SE ROMPE CON 3 O MÁS GOLPES DE PICOTA).	<b>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES LISAS ALTERADA, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc. 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	<b>POBRE (MOD. RESISTENTE, MUY ALTERADA)</b> SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIBACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 Mpa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA).
	<b>FRACTURADA</b> MUY BIEN TRABADA NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ORTOGONALES (RQD.50 - 75), (6 A 12 FRACT. POR METRO).	<b>A</b> <b>F/MB</b>	<b>A</b> <b>F/B</b>	<b>B</b> <b>F/R</b>	<b>C</b> <b>F/P</b>
	<b>MUY FRACTURADA</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD.25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	<b>A</b> <b>MF/MB</b>	<b>B</b> <b>MF/B</b>	<b>C</b> <b>MF/R</b>	<b>D</b> <b>MF/P</b>
	<b>INTENSAMENTE FRACTURADA</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, O IRREGULARES. (RQD. 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO).		<b>C</b> <b>IF/B</b>	<b>D</b> <b>IF/R</b>	<b>E</b> <b>IF/P</b>
	<b>TRITURADA O BRECHADA</b> LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD).			<b>E</b> <b>T/R</b>	<b>F</b> <b>T/P</b>

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

## **2.2.5. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN**

### **2.2.5.1. Corte y relleno ascendente**

El método de corte y relleno mecanizado en forma ascendente; en la cual se emplea la roca fragmentada como material de relleno, así mismo el material del procesamiento de minerales como relleno hidráulico. Cuando los mantos tienen un buzamiento de 30° a 45° y potencia de 2.5 a 5m, donde las cajas y el mineral son competentes; los blocks diseñados son de 30m en vertical y de longitud entre 80 a 150m según el comportamiento del manto. (15)

#### **a. Diseño**

Se llega al manto a través de la rampa principal ubicada en la caja piso del mismo, a partir de este se preparan labores hasta interceptarlos y desarrollar el laboreo en toda su longitud. Por su parte, la rampa principal está ubicada a 50m del manto con gradiente de 15% y de 8% en las curvas, con dimensiones de 4m x 4m de sección. (15)

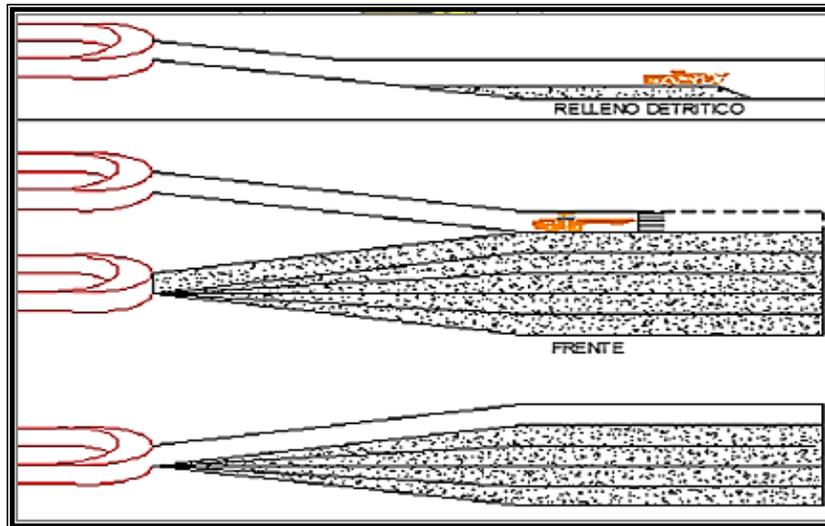
La labor de acceso intercepta al manto en el centro para dividir el block en dos; en cada block dividido se realizan dos accesos para minar toda la altura del block cuyo encampane es de 50m. El ingreso a los blocks mineralizados se realiza mediante rampas para luego interceptarlos con accesos negativos y continuar con un avance horizontal que siga el rumbo de la estructura del mineral, de esta forma se delimitará los extremos de los blocks. (15)

Las chimeneas en cada block de explotación son realizadas con el sistema Raise Boring de 1.5m (5') de diámetro, el aire usado es encausado hacia las chimeneas principales de ventilación de 2.1m (7') de diámetro. Los equipos empleados para la perforación de los frentes son los jumbos electrohidráulicos de un brazo; así también jumbos adaptados para el sostenimiento (instalación de pernos y mallas electrosoldadas). (15)

#### **b. Relleno Detrítico y/o Relleno Hidráulico**

Concluida la rotura del corte en el acceso se procede a rellenar con desmorte procedente de las preparaciones adyacentes, para sellar con relleno hidráulico dejando una luz de 0.50 m. hacia el techo, estabilizando los hastiales de la labor y preparando el piso para el nuevo corte. (15)

**Figura 4: Relleno detrítico y/o hidráulico en SIMSA**



Fuente: Plan Anual de Minado 2018

### **2.2.5.2. Cámaras y pilares**

En SIMSA las dimensiones y distribución de cámaras se hacen sobre la marcha de la explotación, dejando pilares en forma irregular obedeciendo a las características presentadas por el yacimiento, zonas de baja ley y/o estéril. Aplicado para mantos con buzamiento de 0° a 25° y potencia de 2 a 6 m, en los mantos horizontales la perforación se compara a la perforación de las galerías en donde el ancho y el alto del tajo corresponden a las dimensiones donde opera un equipo. (15)

#### **Diseño**

El ingreso se realiza por rampas y se intercepta el mineral por la caja techo de la estructura mineralizada (mantos entre 20° y 25°) con accesos negativos una vez interceptado el manto se desarrolla el frente siguiendo el rumbo hasta delimitarlo en sus extremos. Una vez delimitado el manto económico la recuperación de los pilares puede

ser parcial o total, la recuperación de pilares se realiza en retirada una vez el tajo haya llegado a su límite económico. (15)

## 2.2.6. PERFORACIÓN Y VOLADURA EN SIMSA

Dentro de la empresa se realiza la perforación con equipos electrohidráulicos (jumbos de un brazo) usando barrenos de 12 pies de longitud, con brocas de 45mm para los taladros de producción y rimadoras de 101.6mm de diámetro para los de alivio; asimismo se emplea como explosivo el Emulnor 1000, 3000 y 5000 de la empresa FAMESA. El diseño de la malla de perforación se elaboró considerando al macizo rocoso como variable independiente, a las características del explosivo (emulsión) y la geometría (espaciamiento y burden) como variables dependientes y uso de técnicas de voladura controlada, para conservar los contornos y controlar las vibraciones. (15)

### Características Técnicas del Explosivo Empleado

Tabla 5: Características técnicas del explosivo utilizado en SIMSA

Características técnicas		EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)		0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	4 400	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR **	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)		63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)		75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		Nº 8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera	Primera

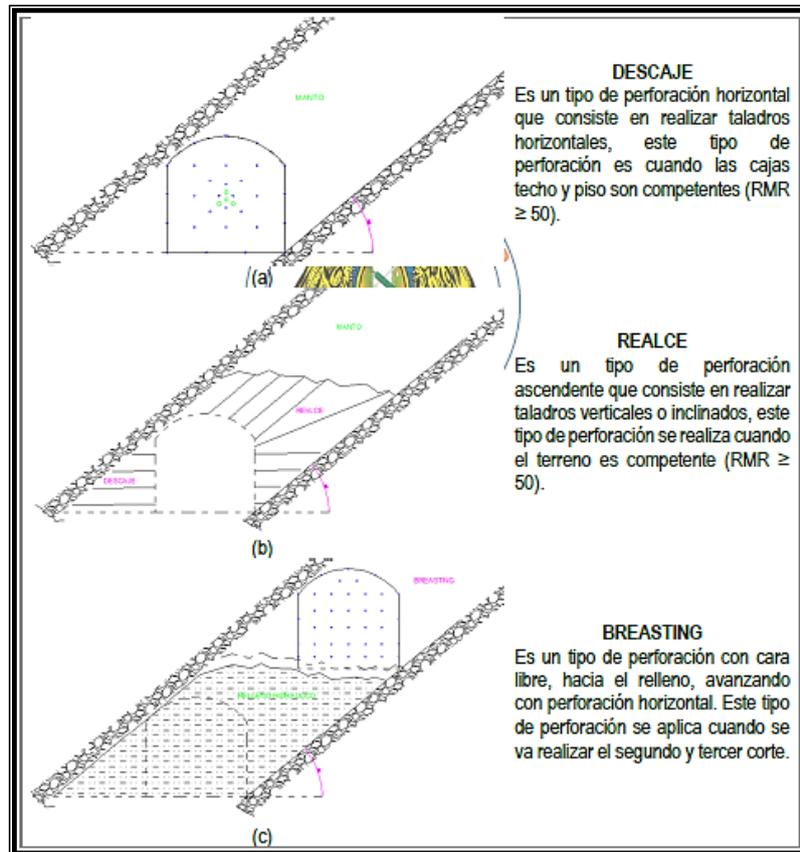
\* Velocidad de detonación en tubo de 1 ½ pulgadas de diámetro.  
 \*\* Velocidad de detonación como cartucho de 1 pulgada de diámetro.  
 \*\*\* Potencias relativas referidas al ANFO con potencia convencional de 100.

Fuente: Catálogo FAMESA

## Tipos de Perforación

A continuación, se muestran los tipos de perforación:

Figura 5: Tipos de perforación en SIMSA



Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

## MALLAS ESTÁNDAR EN SIMSA

### MALLA ESTÁNDAR 4.0 m. x 4.0 m.

<b>DATOS DE LABOR</b>			
Sección (A x H)	4.00	4.00	(m*m)
RMR	60-50		
Ø Tal. producción- contorno	45		mm
Ø Taladro de alivio	100		mm
Longitud de barra	12		pies
Long. de perforación efectiva	3.20		m
Avance real	3.00		m
Eficiencia de voladura	93.75		%
Volumen roto	43.20		m <sup>3</sup>
P.E. desmonte	2.70		tm/m <sup>3</sup>
Tonelaje roto de desmonte	116.64		tm

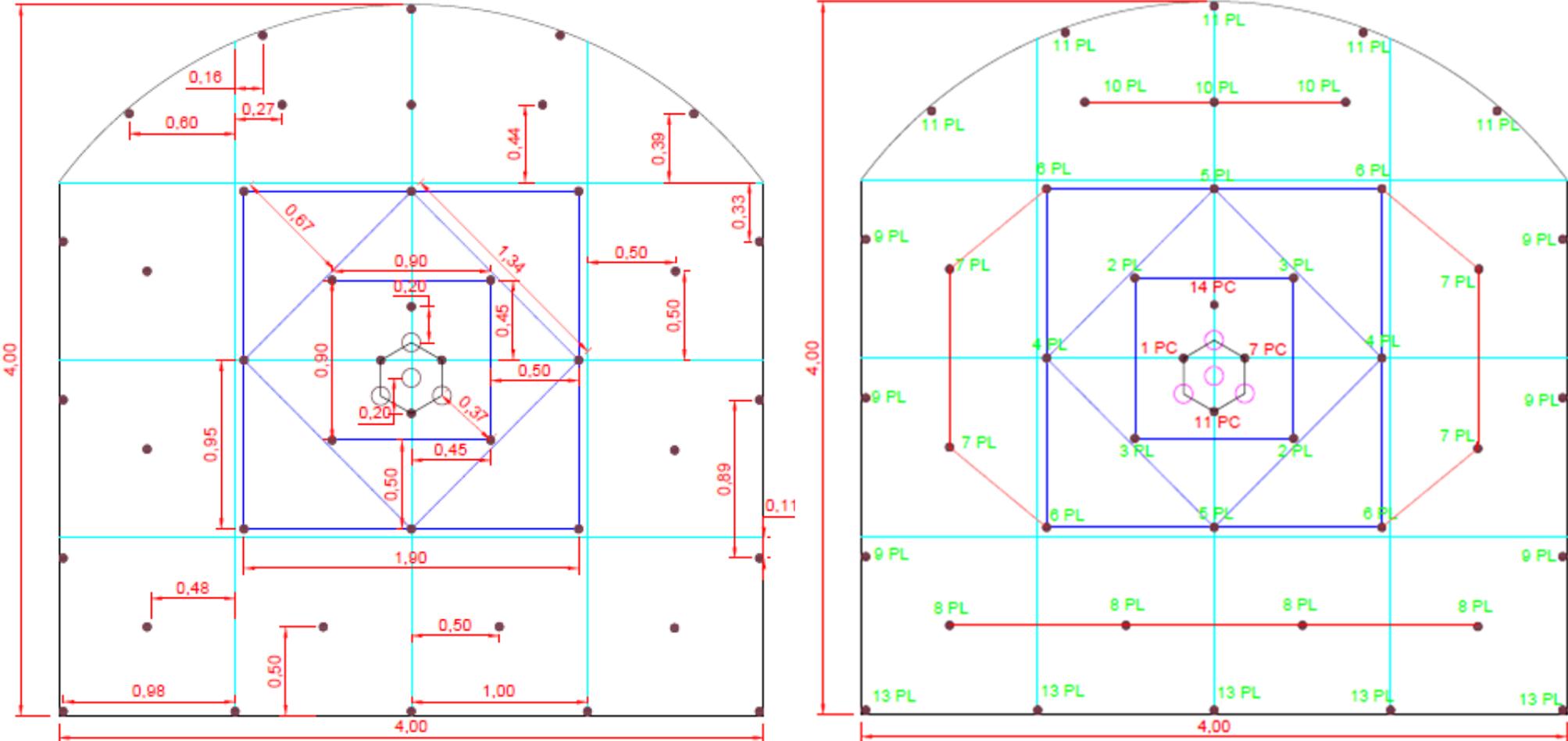
<b>INDICADORES</b>	
Taladros perforados	47 unid.
taladros cargados	43 unid.
Factor de carga	2.21 kg/m <sup>3</sup>
Factor de potencia	0.82 kg/ton
Factor de avance	31.82 kg/ml

Tabla 6: Distribución de carga de la malla estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m.

<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000 1 1/8" * 16"		EMULNOR 3000 1 1/8" * 16"		EMULNOR 1000 1 1/8" * 16"		
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	
		Arranque	AQ	4	10	11.90		-
1° Ayuda arranque	PA	4	0.5	0.60	9.5	11.05		-
2° Ayuda arranque	SA	4		-	8	9.30		-
3° Ayuda arranque	TA	4		-	8	9.30		-
Ayuda de cuadrador	AC	4		-	8	9.30		-
Cuadrador	CU	4		-	7	8.14		-
Ayuda de corona	AZ	3		-	8	6.98		-
Corona o alzas	AL	7		-		-	4	7.95
Ayuda de arrastre	AA	4		-	8	9.30		-
Arrastre	AT	5		-	8	11.63		-
Rimados	RI	4		-		-		-
Alivios (Recorte)	AL							-
<b>TOTAL</b>		<b>47</b>	<b>42</b>	<b>12.50</b>	<b>258</b>	<b>75.00</b>	<b>28</b>	<b>7.95</b>
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>		<b>95.45</b>						

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

Figura 6: Malla de perforación estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m.



**Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018**

## MALLA ESTÁNDAR 3.0 m. x 3.0 m.

<b><u>DATOS DE LABOR</u></b>			
<b>Sección (A x H)</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>(m*m)</b>
RMR	50-60		
Ø Tal. producción- contorno	45		mm
Ø Taladro de alivio	100		mm
Longitud de barra	12		pies
<b>Long. de perforación efectiva</b>	<b>3.20</b>		<b>m</b>
<b>Avance real</b>	<b>3.00</b>		<b>m</b>
Eficiencia de voladura	93.75		%
Volumen roto	24.30		m <sup>3</sup>
P.E. desmonte	2.70		tm/m <sup>3</sup>
Tonelaje roto de desmonte	65.61		tm

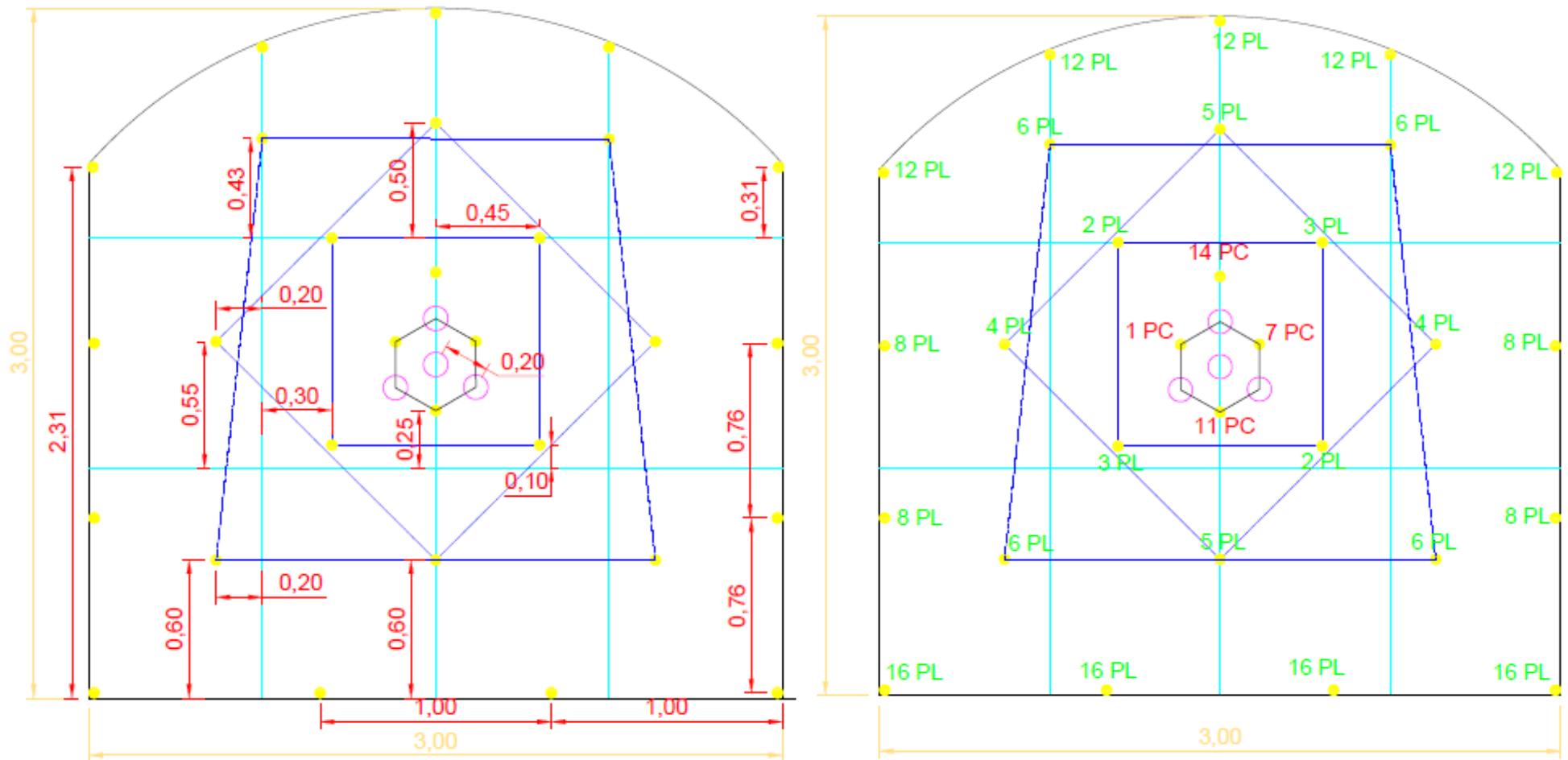
<b><u>INDICADORES</u></b>	
Taladros perforados	33 unid.
taladros cargados	29 unid.
<b>Factor de carga</b>	<b>2.64 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0.98 kg/ton</b>
<b>Factor de avance</b>	<b>21.39 kg/ml</b>

**Tabla 7: Distribución de carga de la malla estándar, sección 3.0 m. x 3.0 m**

<b><u>DISTRIBUCION DE CARGA</u></b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000		EMULNOR 3000		EMULNOR 1000		
		1 1/8" * 16"		1 1/8" * 16"		1 1/8" * 16"		
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	
Arranque <b>AQ</b>	4	<b>10</b>	<b>11.92</b>		-		-	
1° Ayuda arranque <b>PA</b>	4		-	<b>9</b>	<b>10.48</b>		-	
2° Ayuda arranque <b>SA</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.31</b>		-	
3° Ayuda arranque <b>TA</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.31</b>		-	
Ayuda de cuadrador <b>AC</b>			-		-		-	
Cuadrador <b>CU</b>	4		-	<b>7</b>	<b>8.15</b>		-	
Ayuda de corona <b>AZ</b>			-		-		-	
Corona o alzas <b>AL</b>	5		-		-	<b>4</b>	<b>5.68</b>	
Ayuda de arrastre <b>AA</b>			-		-		-	
Arrastre <b>AT</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.31</b>		-	
Rimados <b>RI</b>	4		-		-		-	
Alivios (Recorte) <b>AL</b>								
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>11.92</b>	<b>160</b>	<b>46.56</b>	<b>20</b>	<b>5.68</b>	
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>	<b>64.16</b>							

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

Figura 7: Malla de perforación estándar, sección 3.0 m. x 3.0 m.

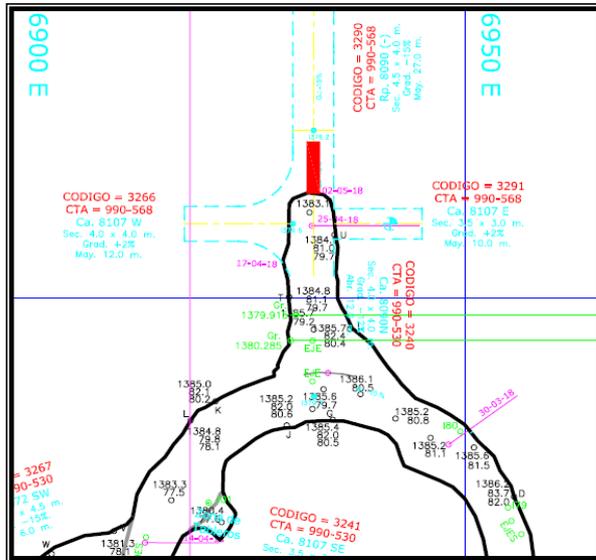


Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018



### 2.2.7.2. Rampa 8090 – Nivel 1430

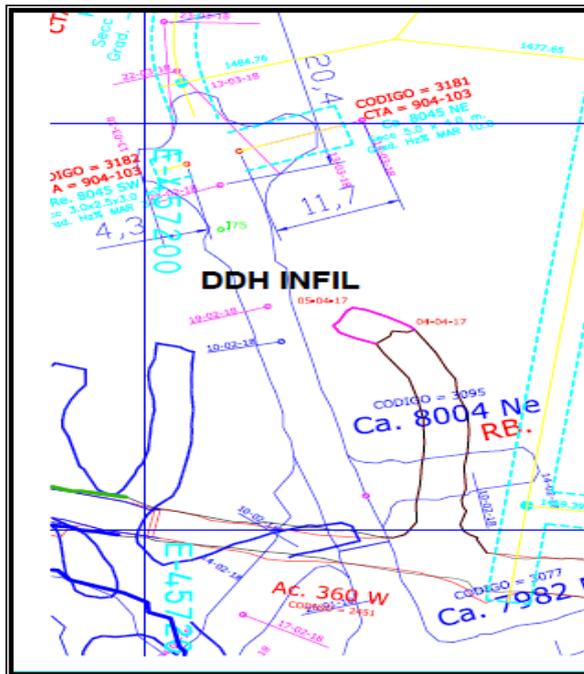
Figura 9: Vista en planta de la Rp 8090 – Nv 1430



Fuente: Planeamiento SIMSA

### 2.2.7.3. Rampa 940 – Nivel 1515

Figura 10: Vista en planta de la Rp 940 – Nv 1515



Fuente: Planeamiento SIMSA

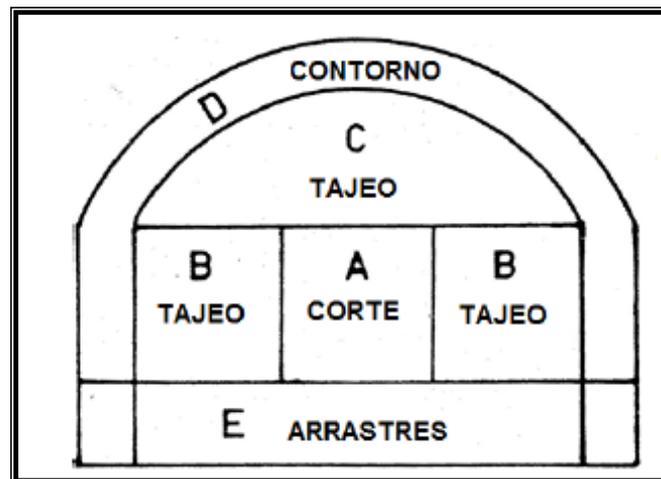
## 2.3. BASES TEÓRICAS

### 2.3.1. FÓRMULAS MATEMÁTICAS (MÉTODO HOLMBERG)

En este método, se procede a dividir el frente en 5 partes, tal como se muestra en la figura 11, y cada una será tratada y calculada de distinta manera: (04)

- A es la sección de corte
- B incluye los taladros del tajeo que romper horizontalmente y hacia arriba
- C incluye los taladros del tajeo que rompen hacia abajo
- D incluye taladros de contorno
- E incluye los taladros del arrastre

Figura 11: Tipos de taladros usados bajo diferentes condiciones de voladura



Fuente: Rock Blasting and Explosives Engineering, PER-ANDERS PERSSON, ROGER HOLMBERG AND JAIMIN LEE, 2004.

#### Avance por Disparo

El avance está limitado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros cargados. Siempre que esta última se mantenga por debajo del 2%, los avances medios "I" deben llegar al 95% de la profundidad del taladro L. (10)

$$I = 0.95 * L$$

Donde:

I = Avance de la Voladura (m.)

L = Profundidad de los taladros a perforarse (m.)

En los arranques de cuatro secciones la profundidad de los taladros puede estimarse con la siguiente expresión: (04)

$$L = 0.15 + 34.1 * D_1 - 39.4 * D_1^2$$

Donde:

L = Profundidad del taladro (m.)

$D_1$  = Diámetro del taladro de alivio (metros), siempre que se cumpla a  $0,05 \leq D_2 \leq 0,25$ m si los avances son inferiores a 95% la excavación resultara económicamente muy costosa. (04)

Cuando se utilizan arranques con varios taladros vacíos en lugar de uno solo entonces la ecuación anterior sigue siendo válida si: (04)

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

Donde:

$D_1$  = Diámetro del taladro de alivio (m)

n = Número de taladros vacíos en el arranque.

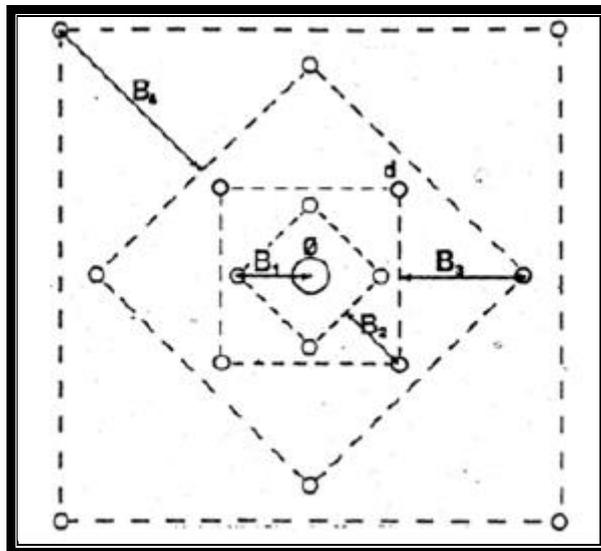
$D_2$  = Diámetro del taladro alivio equivalente (m).

### Arranque de Cuatro Secciones

La distancia entre el taladro central vacío y los taladros de la primera sección, no debe exceder de " $1,7D_2$ " para obtener una fragmentación y salida satisfactoria de la roca, las condiciones de fragmentación varía mucho, dependiendo del tipo de explosivo, características de la roca y distancia entre el taladro cargado y el vacío. (04)

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 que se encuentra en la Tabla 08. (04)

Figura 12: Corte de secciones.



Fuente: Manual práctico de Voladura EXSA, 2001.

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 la tabla. (04)

## Cálculo de Sección y Burden (13)

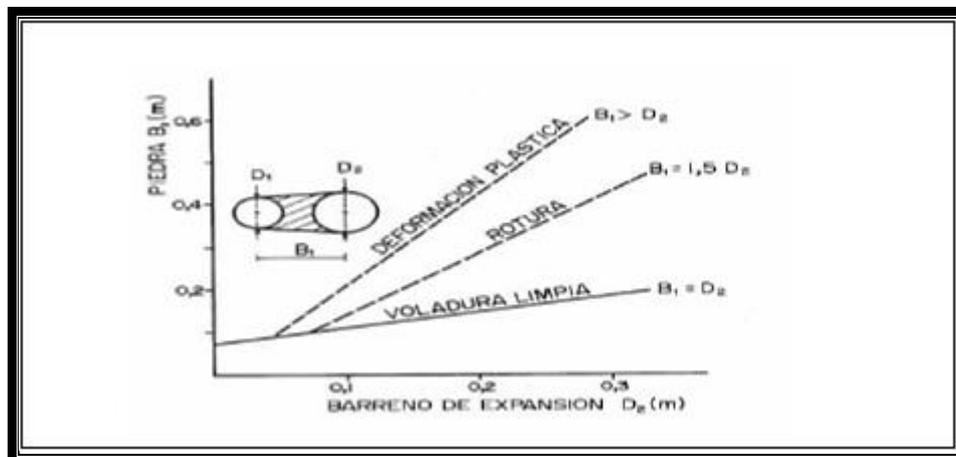
Tabla 8: Fórmulas para cálculo de burden y sección

Sección del corte	Valor de Burden	Lado de la sección
Primera	$B_1 = 1,5 * D_2$	$B_1 * \sqrt{2}$
Segunda	$B_2 = B_1 * \sqrt{2}$	$1,5 * B_2 * \sqrt{2}$
Tercera	$B_3 = 1,5 * B_2 * \sqrt{2}$	$1,5 * B_3 * \sqrt{2}$
Cuarta	$B_4 = 1,5 * B_3 * \sqrt{2}$	$1,5 * B_4 * \sqrt{2}$

Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA, 2001

Tal como se refleja en la figura para burden mayores  $2D_2$  el ángulo de salida es demasiado pequeño y se produce una deformación plástica de la roca entre los dos taladros, incluso el burden es inferior a  $D_2$  pero la concentración de carga es muy elevada se producirá la sinterización de la roca fragmentada y el fallo del arranque, por eso se recomienda que los burdenes se calculen sobre la base  $B_1 = 1,5 * D_2$ . (04)

Gráfico 1: Resultado para diferentes distancias de los taladros cargados a los vacíos.



Fuente: Manual práctico de Voladura EXSA, 2001.

## Número de Taladros

El número de taladros requerido 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 influyen también la clase de explosivo y el método de iniciación a emplear.

Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante la siguiente fórmula empírica o en forma más precisa con la relación. (04)

$$N^{\circ} Tal = \left( \frac{P}{D_t} \right) + (C * S)$$

Donde:

P = Circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula: (04)

$$P = 4 * (\sqrt{A * H})$$

$D_t$  = Distancia entre taladros (m)

C = Coeficiente o factor de roca

S = Sección de la galería (m<sup>2</sup>)

### Relación de la dureza de la roca con la distancia (13)

Tabla 9: Cálculo de distancia entre taladros de acuerdo a la dureza de roca

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

C = Coeficiente o factor de roca, usualmente de:

### Relación de la dureza de la roca con el coeficiente (13)

Tabla 10: Cálculo del coeficiente de roca de acuerdo a la dureza de roca

Dureza de roca	Coeficiente de roca (m)
Roca dura	2,00
Roca intermedia	1,50
Roca suave o friable	1,00

Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA, 2001

S = Dimensión de la sección del túnel en m<sup>2</sup> (cara libre)

### Volumen Total

$$V = A * H * I$$

Donde:

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

A = Ancho

H = Altura (m)

$l = \text{Largo (m)}$

Si se desea expresarlo en toneladas de material in situ se multiplica por la densidad promedio de la roca o el material que se pretende volar. (04)

$$\text{Ton (t)} = V * \rho$$

Donde:

$\rho = \text{Densidad de roca (kg/m}^3\text{)}$ .

### **Cálculo de Espaciamiento en la Corona**

El espaciamiento es una función lineal del diámetro del taladro (Pearson 1 973).  
(04)

$K=15$  a  $16$

$$E = K * D_1$$

### **Cálculo de Espaciamiento en los Hastiales (04)**

$$E = \frac{\text{Longitud del Hastial}}{N - 1}$$

N: Número de Taladros en los Hastiales.

### **Cálculo de Espaciamiento en el Arrastre (04)**

$$E = \frac{\text{Ancho} - 2 * 0.10}{N - 1}$$

N: Número de Taladros en el Arrastre.

### Cálculo de la Potencia Relativa por Peso (04)

$$S = \frac{5Q_3}{6Q_{30}} + \frac{1}{6} * \frac{V}{V_0}$$

Donde:

S = Potencia relativa por peso respecto a la dinamita LBF

$Q_3$  = Calor de explosión del explosivo a usarse (Mj/kg)

$Q_{30}$  = Calor de explosión de la dinamita LBF = 5.00 (Mj/kg)

V = Volumen de gases liberados por el explosivo a ser usado ( $m^3/kg$ )

$V_0$  = Volumen de gases liberados por la dinamita LBF (0.850  $m^3/kg$ ) a STP

NOTA: Cuando la potencia por peso es expresada relativa al ANFO, se debe calcular en primer lugar la potencia, por peso relativa a la dinamita LBF y luego dividir este valor por la potencia por peso del AN/FO relativa al LBF (0.84) (04)

### Cálculo de Concentración de Carga: (04)

Según Langerfors y Kihistm para el cálculo de carga en el 1er. Cuadrante se tienen lo siguiente: (04)

$$q_1 = 55 * d * \left(\frac{V}{D_2}\right)^{\frac{3}{2}} * \frac{\left(V - \frac{D_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right)}{S_{ANFO}}$$

Donde:

$q_1$  = Concentración de Carga (Kg/m)

V = Burden (m)

D = Diámetro del taladro de producción (m)

$D_2$  = Diámetro Equivalente

$S_{ANFO}$  = Potencia por peso relativo al ANFO

C = 0.35  $Kg/m^3$

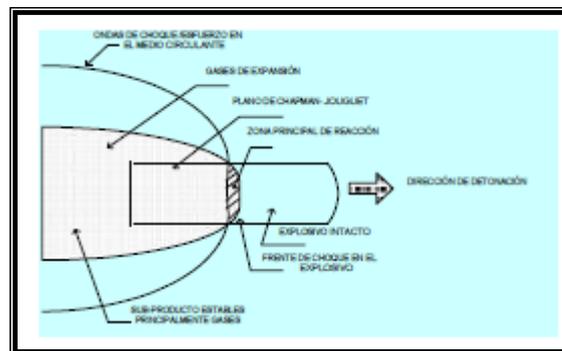
### 2.3.2. EXPLOSIVOS

Las siguientes definiciones son consideradas útiles en la tecnología de explosivos.

**Combustión** de una sustancia condensada, es una reacción que sucede en las partículas de un material. Se mantiene por la alta temperatura de los productos gaseosos. (05)

**Detonación** es una reacción que está asociada con la onda de choque. La reacción química se da inicio por la alta temperatura que ocurre por la compresión a causa de la onda de choque. Generalmente los productos de la reacción al principio tienen la densidad más alta que la sustancia sin reacción. (05)

Figura 13: Detonación.



Fuente: Libro de Perforación y Voladura II, AMES LARA VÍCTOR, 2010.

**Explosión** es la expansión de la sustancia en un volumen más grande que su volumen original. (05)

**Sustancias explosivas.** Un explosivo es la combinación de compuestos químicos a los cuales cuando se les da un estímulo correcto (o incorrecto) ellos tienen una reacción química violenta exotérmica. (05)

Un explosivo detona de acuerdo al método de iniciación. Si la masa de explosivo es menor, la iniciación térmica usualmente lleva al quemado. Sin embargo si la masa es grande, el quemado será tan veloz que la onda de choque se propaga y produce la detonación. (05)

**Explosivos iniciadores (o primarios).** Explosivos tales como el fulminato de mercurio,  $Hg(ONC)_2$ , el cual fue usado en los detonadores iniciales, o asida de plomo  $Pb(N_3)_2$ , usado comúnmente en detonadores, son típicos de este tipo de

explosivos. En esta categoría, el quemado resulta en una detonación aún en cantidades pequeñas. Los explosivos primarios son muy peligrosos porque ellos son iniciados rápidamente mediante contacto directo con la llama o chispa eléctrica. Ellos imponen problemas significativos en la manufactura por lo que un cuidado extremo tiene que ser tomado para controlar el medio ambiente y el crecimiento de los cristales de estas sustancias. (05)

**Explosivos secundarios.** Ellos son llamados altos explosivos. Éstos son menos fáciles de detonar; sin embargo, los mismos son más manipulables en cantidades mayores que los explosivos primarios. Los altos explosivos típicos son: TNT ( $C_7H_5N_3O_6$ ), RDX ( $C_3H_6N_6O_6$ ), PETN ( $C_5H_8N_4O_{12}$ ), etc. (05)

**Explosivos comerciales.** Usualmente ellos son mezclas basadas en nitrato de amonio ( $NH_4NO_3$ ). Ellos son considerados ser más seguros que los altos explosivos. Sin embargo se debería ser un poco más cuidadoso de modo que uno interprete los datos de sensibilidad disponible apropiadamente. El tamaño de la muestra en muchos ensayos es pequeño y la forma del explosivo no es representativa en su forma al granel. (05)

### 2.3.3. PERFORACIÓN

La perforación del macizo rocoso en la operación unitaria que se realiza en primer lugar en la minería; la función principal de ésta es abrir agujeros (taladros), con una adecuada distribución, en dichos huecos se colocará el explosivo y sus respectivos accesorios. (06)

Sistemas de penetración. Los sistemas de penetración en la roca son los siguientes:

- Mecánicos: Percusión, rotación y roto percusión
- Térmicos: Soplete o lanza térmica, plasma, fluidos calientes y congelación
- Hidráulicos: Chorro de agua, erosión y cavitación
- Químicos: Micro voladura y disolución
- Eléctricos: Arco eléctrico e inducción magnética
- Sísmico: Rayo láser
- Nucleares: Fusión y fisión (06)

Los componentes principales en perforación son: la perforadora que es la fuente de la energía mecánica; el varillaje que es el medio de transmisión de la energía mecánica; la broca que es el elemento útil que ejerce sobre la roca dicha energía y el fluido de barrido que realiza la limpieza y evacuación de los detritos producidos. (06)

### **Tipos de perforación de acuerdo a trabajabilidad**

**Perforación manual.** Se realiza con máquinas ligeras, manejadas manualmente. Se utiliza en labores pequeñas que no permiten el uso de máquinas perforadoras pesadas. (06)

**Perforación mecanizada.** Los equipos de perforación van montados sobre estructuras, con los que el operador puede controlar todos los parámetros de la perforación desde posiciones cómodas. Las estructuras o chasis pueden ir montadas sobre neumáticos u orugas y pueden ser automotrices. (06)

### **Perforación por tipos de trabajo**

Por los tipos de trabajo, tanto en superficie como en subterráneo, pueden clasificarse en los siguientes:

- Perforación de Banqueo
- Perforación de Avance de Galerías y Túneles
- Perforación de Producción
- Perforación de Chimeneas
- Perforación para Sostenimiento de Rocas (06)

**Propiedades de las rocas que afectan la perforación.** Se tiene a los siguientes:

Dureza, resistencia, elasticidad, plasticidad, abrasividad, textura, estructuras y características de rotura. (06)

## **Propiedades del macizo rocoso que influyen en la voladura de rocas**

El macizo rocoso y sus propiedades son muy importantes ya que es aquí donde actuará el explosivo. Incluso en la misma zona de una mina existe diversidad de propiedades. Por lo que en esta parte se estudiará las principales propiedades del macizo rocoso. (06)

**El macizo rocoso.** Las propiedades de las rocas constituyen el principal obstáculo en el camino hacia una voladura óptima. (06)

El macizo rocoso posee ciertas características en función de su origen y de los procesos geológicos que actuaron en ellos. El conjunto de estos fenómenos conduce a un determinado entorno, a una litología en particular con unas heterogeneidades debido a los agregados minerales policristalinos y a las discontinuidades de la masa rocosa (poros y fisuras), y a una estructura geológica con un gran número de discontinuidades (planos de estratificación, fracturas, diaclasas, etc.). (06)

Para seleccionar la mezcla explosiva que mejor se adecue a las propiedades del macizo rocoso es necesario definir las mismas desde el punto de vista físico y geológico. Las siguientes propiedades físicas y mecánicas influyen en la reacción del macizo rocoso a la energía producida por la detonación de un explosivo: (06)

- Densidad
- Resistencia a la compresión y tracción
- Módulo de Young
- Relación de Poisson
- Módulo de o compresibilidad
- Velocidad de la onda longitudinal
- Porosidad
- Fricción interna (06)

## **Propiedades de la masa rocosa**

**Litología.** La voladura en zonas donde se produce un cambio litológico brusco, por ejemplo estéril y mineral, y consecuentemente una variación de las propiedades resistentes de las rocas obliga a reconsiderar el diseño, pudiendo seguir dos alternativas: Esquemas iguales para los dos tipos de roca y variación de las cargas unitarias. Esquemas distintos pero con igual carga por taladro. (06)

En los yacimientos estratiformes que presentan algún horizonte muy resistente, es conveniente que las cargas estén confinadas y ubicadas en tales horizontes, a fin de aprovechar al máximo la energía de tensión desarrollada. (06)

Cuando los taladros atraviesan un contacto de dos materiales de características diferentes, como por ejemplo una caliza competente en contacto con arcillas muy plásticas, se tendrá una gran pérdida de energía asociada a la caída de presión y escape de los gases al producirse deformaciones rápidas de dichos materiales blandos, dando como resultado una mala fragmentación. (06)

Para aumentar el rendimiento de la voladura en estos casos se recomienda: Retacar con material adecuado aquellas zonas del taladro que estén en contacto con material plástico o próximo a ellas. Emplear cargas de explosivo totalmente acopladas a la roca competente con una gran velocidad de detonación. Situar los multiplicadores en el punto medio de la roca dura para incrementar la resultante de la onda de tensión. Evitar el escape prematuro de los gases al aire asegurando con una buena longitud del taco. (06)

**Fracturas preexistentes.** Todas las rocas presentan discontinuidades, micro fisuras y macro fisuras, que influyen de manera directa en las propiedades físicas y mecánicas de las rocas y consecuentemente en los resultados de la voladura. (06)

Las superficies de discontinuidad pueden ser de distintos tipos: planos de estratificación, planos de laminación y foliación primaria, planos de esquistosidad y pizarrosidad, fracturas y juntas. (06)

Las discontinuidades pueden ser abiertas, cerradas o rellenas y por ello, tienen diferentes grados de transmisión de la energía del explosivo. (06)

Otro aspecto del diseño de voladura es el control geoestructural de la masa rocosa en referencia a la orientación relativa del frente y dirección de salida del disparo con respecto a la dirección y buzamiento de los estratos. (06)

**Tensiones de campo.** Cuando actúan las tensiones de cargas residuales, tectónicas y/o gravitacionales, el esquema de fracturas generado alrededor de los taladros puede estar influenciado por la concentración no uniforme de tensiones alrededor del mismo. En rocas masivas homogéneas, las grietas que empiezan a propagarse radialmente desde los taladros tienden a seguir la dirección de las tensiones principales. (06)

**Presencia de Agua.** Las rocas porosas y los macizos rocosos intensamente fracturados, cuando se encuentran saturados de agua presentan habitualmente algunos problemas: (06)

- Obligan a seleccionar explosivos no alterables por agua
- Producen la pérdida de taladros por hundimientos internos
- Dificultan la perforación inclinada (06)

Por otro lado, el agua afecta a las rocas y a los macizos rocosos, en los siguientes aspectos: Aumentan la velocidad de propagación de las ondas elásticas en terrenos porosos y agrietados. Reduce la resistencia de compresión y tracción de las rocas. Reduce la atenuación de las ondas de choque. (06)

Las juntas llenas de agua permiten el paso de las ondas de choque.

**Temperatura del macizo rocoso.** Los yacimientos que contienen piritas suelen presentar problemas de altas temperaturas de la roca por efecto de la oxidación, haciendo que los agentes explosivos del ANFO reaccionen a partir de una temperatura de 120°. La sensibilidad de los explosivos tipo hidrogel depende también de la temperatura de la roca con la que está en contacto. Una recomendación general cuando se presentan estos problemas es delimitar el número de taladros por voladura a fin de disminuir el tiempo que transcurre entre la carga y el disparo. (06)

**Caracterización de los macizos rocosos para el diseño de las mallas de perforación y voladura.**

Las características de los macizos rocosos que influyen directamente en el diseño de las mallas de perforación y voladura son los siguientes: (06)

- Resistencia dinámica de las rocas
- Espaciamiento y orientación de las discontinuidades
- Litología y potencia de los estratos en formaciones sedimentarias
- Velocidades de propagación de ondas
- Propiedades elásticas de las rocas
- Tipos de relleno y apertura de las discontinuidades
- Índices de anisotropía y heterogeneidad de los macizos (06)

Las técnicas de caracterización geomecánica más aplicadas:

- Sondeos con recuperación de testigos y ensayos geomecánicos
- Estudios estructurales de los sistemas de discontinuidades
- Perfiles de sísmica de refracción
- Diagrafías geofísicas de sondeos de investigación
- Diagrafías geofísicas en taladros de producción
- Toma de datos y tratamiento durante la perforación de los taladros de producción (06)

#### **2.3.4. VOLADURA**

La teoría de la voladura es quizás uno de los más interesantes, que provoca pensamientos, retos, y áreas controversiales en nuestra industria. Esto abarca muchas áreas en la ciencia de la química, física, termodinámica, interacciones de la onda de choque, y la mecánica de rocas. En términos generales, el fracturamiento de la roca mediante explosivos involucra la acción de un explosivo y la respuesta de masa rocosa circundante dentro del dominio de la energía, tiempo y masa. (05)

A pesar de la gran cantidad de investigaciones realizadas, no solamente una sola teoría ha sido aceptada de explicar adecuadamente el mecanismo de fracturamiento en todas las condiciones de voladura y tipos de material. Los investigadores han contribuido información útil y deducciones como parámetros

en las teorías de voladura. Las teorías de voladura han sido formuladas y basadas en pura especulación, años de experiencia en voladura con procedimientos de ensayo y error, pruebas de laboratorio, y modelos matemáticos y físicos adaptados de otras disciplinas de la ciencia. (05)

Los mecanismos de fracturamiento principales han sido basados en:

- Energía de la onda de esfuerzo de compresión y tensión
- Reflexiones de la onda de choque en una cara libre
- Presurización del gas en la masa rocosa circundante
- Rotura por flexión
- Ondas de corte
- Liberación de carga
- Nucleación de las grietas en fallas y discontinuidades
- Colisiones en vuelo (05)

Debido a la existencia de muchas escuelas respecto a la teoría de la voladura, se debe estar preparado para investigar no solamente las teorías sino también todas las variables campo que ingresan (input) que son inherentes en cualquier diseño de la voladura, para que la teoría tenga un significado práctico. (05)

Dado la naturaleza diversa de las condiciones de campo encontradas y el número abrumador de las variables del diseño de voladura a elegir, los resultados de la voladura no siempre podrían ser fácilmente predecibles. (05)

### **Diseño de voladura de rocas en minería subterránea**

La voladura en minería subterránea puede ser dividida en dos categorías:

- Voladuras en chimeneas, frentes, galerías o túneles, en los que solamente una cara libre es la superficie donde los taladros son perforados. (05)
- Voladuras en bancos o tajeos en el que existe uno o más caras libres además de la cara en el que se perforan los taladros. (05)

### **Voladura lisa (Smooth Blasting)**

Se puede definir como el desarrollo de la superficie final de la excavación por la aplicación de esta en la vecindad de una penúltima cara libre. En la voladura lisa los taladros iniciados con retardos cortos entre los taladros adyacentes y el burden de los taladros excede al espaciamiento entre estos. (05)

Consiste en perforar una fila de taladros a lo largo de los límites de la excavación, las cuales al ser detonadas remueven la berma final.

Disparando dichos taladros con tiempos de retardo mínimos, una acción de corte es obtenida la cual da paredes muy lisas y con un fracturamiento mínimo. (05)

Los principales objetivos de esta técnica, son los siguientes: (05)

- Obtener superficies de corte lisa y bien definida, evitando de esta manera agrietamientos excesivos del macizo rocoso contribuyendo de esta manera a mejorar su estabilidad. (05)
- Evitar el fracturamiento del macizo rocoso fuera de los límites previamente planificados. (05)
- Disminuir y/o eliminar el fracturamiento radial para lo cual los taladros de la voladura lisa deben espaciarse, de tal modo que las fracturas creadas se dirigirán a las áreas de menor resistencia; es decir de taladro a taladro, alineándolos para formar un plano de corte previamente planificado. (05)
- Evitar el fracturamiento del macizo rocoso en exceso así como mantener la solidez y capacidad de autosostenimiento de la roca. (05)

### **Factores que influyen en la desviación de taladros**

#### **A. Factores originados fuera del taladro**

- Error de posicionamiento del equipo
- Error en la selección y lectura de ángulos

- Error en la fijación de viga de avance (06)

#### **B. Factores relacionados durante la perforación**

- Fuerza de avance
- Rotación
- Barrido de detritus
- Percusión (06)

#### **C. Factores dentro del taladro**

- Tipo de roca
- Tamaño de grano
- Fracturamiento
- Plegamiento (06)

#### **D. Factores relacionados con el equipo**

- Condición mecánica de la perforadora
- Regulación de la perforadora
- Selección adecuada del varillaje de perforación
- Afilador correcto y oportuno de las brocas (06)

### **2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Acoplamiento:** Se refiere al grado de contacto entre el explosivo en un pozo y la roca que lo rodea. Cuando el diámetro del explosivo es menor que el del pozo, se dice que la carga está desacoplada, y la razón de desacople definido como la relación entre el volumen de la carga al volumen del pozo. Los explosivos cargados a granel tienen un

factor de acoplamiento igual a 1. Algunos autores definen la razón de acoplamiento como la razón de diámetro de carga a la del explosivo. (08)

**Anfo:** Acrónimo de (ammoniumnitrate and fuel oil) nitrato de amonio y óleo combustible, mezcla utilizada en muchas minas como agente detonador. (09)

**Atacar:** Hace actuar sobre un mineral ciertos reactivos químicos, con el objeto de obtener elementos en solución. (09)

**Atacado:** Es usado en la parte sin carga superior del taladro y consiste de arena seca, detrito o similares. El propósito del atacado es, por ejemplo, evitar que al momento de la detonación los gases se dirijan hacia arriba arrastrando partículas de roca alrededor del collar (boca) del taladro. (09)

**Broca:** Extremidad cortante de un taladro, generalmente hecha de un material muy duro, como diamante industrial o carburo de tungsteno. (09)

**Burden:** Distancia desde el barrenado al frente libre de la roca, medida perpendicular al eje del taladro. (10)

**Cara libre:** Se llama cara libre de labor a una zona o roca que se quiere volar, a cada uno de los lados que están en contacto con el aire, según un cubo imaginario tomado para comparación. (09)

**Carga específica:** Es la cantidad de explosivo usada por m<sup>3</sup> de roca volada. (09)

**Carga de fondo:** Es la carga más potente que es requerida en el fondo del taladro, debido a que la roca es más resistente en esa parte. (09)

**Carga de columna:** Es la carga encima de la carga de fondo. Puede ser de menor potencia, ya que la roca, en esta parte, no es tan resistente. (09)

**Concentración de carga lineal:** La concentración de explosivo, medida en kg/m, a lo largo de un pozo de tronadura. El término puede ser independiente de diámetro del pozo (por explosivos desacoplados), o dependiente del diámetro (explosivos totalmente acoplados). (11)

**Cordón detonante:** Es un cordón flexible que contiene un alma sólida de alto poder explosivo y resistencia a la tensión. (09)

**Desacoplamiento:** Se refiere a la práctica de usar una carga de diámetro más pequeño que la del pozo de tronadura a cargar. Un menor diámetro sirve primero al propósito de reducir la presión efectiva de la detonación (menor daño), con reducción de la presión peak de pozo. (11)

**Detonador:** Es todo dispositivo que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, al que normalmente se le conoce con el nombre de fulminante. Pueden ser eléctricos o no, instantáneos o con retardo. El término detonador no incluye al cordón detonante. (09)

**Diámetro del taladro:** Es el diámetro del agujero que se va a perforar, y que tiene forma de cilindro alargado. (09)

**Dilución:** Residuos de roca de bajo grado, inevitablemente retirados con el material en el proceso de mineralización, que contribuyen a bajar el grado de mineral. (09)

**Factor de carga:** Es la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca. El factor de carga se indica mediante unidades de kg/m<sup>3</sup> o kg/ton. (11)

**Frente:** Superficie libre en una voladura. (12)

**Fulminante común:** Es una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en un extremo, en cuyo interior lleva una determinada cantidad de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro, secundario, de alto poder explosivo. (09)

**Gaseado:** Es un término que se emplea para indicar que una persona o varias han sido afectadas por un gas que sobrepasa sus límites permisibles. (09)

**Grado de compactación de la carga de fondo:** Es el peso del volumen del explosivo en el fondo de la carga. (09)

**Inclinación de taladro:** Los taladros en un banco pueden ser perforados verticalmente o inclinados. Cuanto más se inclinen los taladros, menos constricción tendrán ya que el ángulo de deflexión en el fondo aumenta con el incremento de inclinación. (09)

**Longitud del taladro:** Es el largo del hueco perforado, el mismo que por una causa de la inclinación y la sobre perforación, será más largo que la altura del banco. (09)

**Malla:** 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. (13)

**Mecha armada:** Es un sistema seguro de iniciación convencional de explosivos, integrado por accesorios tradicionales que son el fulminante corriente, la mecha de seguridad y un conector, ensamblados con máquinas neumáticas de alta precisión. (09)

**Mecha Lenta:** Es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora. (09)

**Mecha rápida:** Es un accesorio (cordón flexible) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una

masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable. (09)

**Mecánica de las rocas:** Estudio de las propiedades mecánicas de las rocas, que incluye condiciones de tensión alrededor de las galerías y la capacidad de las rocas, y de las estructuras subterráneas de soportar estas tensiones. (09)

**Mineral:** Es todo compuesto químico inorgánico, que tiene propiedades particulares en cuyo origen no han intervenido los seres orgánicos, y se encuentran en lo interior o en la superficie de la tierra, tales como metales, piedras, etc. (09)

**Mineralogía:** Ciencia que se ocupa de la descripción y el análisis de los minerales, sus propiedades físicas y químicas, su forma, composición, origen, yacimientos; estudia asimismo las leyes que determinan dichas características. (09)

**Parámetros:** Se denomina así a los diversos ratios obtenidos en la práctica, a través de la observación en el lugar de trabajo. (10)

**Perforación:** 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 blast hole. (12)

**Perforadora:** Agujereador hidráulico para perforar las rocas formando agujeros de diámetro pequeño destinados a la detonación o a la instalación de pernos de anclaje para la roca. (09)

**Perforación específica o factor de perforación:** Es la expresión usada para el número de metros que deben ser perforados por m<sup>3</sup> de roca volada. (09)

**Proceso de voladura:** Es un conjunto de tareas que comprende: el traslado del explosivo y accesorios de los polvorines al lugar del disparo, las disposiciones preventivas antes del carguío, el carguío de los explosivos, la conexión de los taladros cargados, la verificación de las medidas de seguridad, la autorización y el encendido del disparo. (09)

**(PETS). Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro:** Documento que contiene la descripción específica de la forma cómo llevar a cabo o desarrollar una tarea de manera correcta desde el comienzo hasta el final, dividida en un conjunto de pasos consecutivos o sistemáticos. Resuelve la pregunta: ¿Cómo hacer el trabajo/ tarea de manera correcta? (09)

**Roca:** Cualquier combinación natural de minerales, las rocas forman parte de la corteza terrestre. (09)

**Sobre perforación:** Es el exceso de longitud de un taladro, situado bajo el fondo teórico del banco. (09)

**Subterráneo:** Excavación natural o hechas por el hombre debajo de la superficie de la tierra. (14)

**Tanda:** Es el número de taladros de perforación efectuados en una tarea normal de 8 horas al día. (10)

**Techo:** Techo o bóveda de una galería subterránea. (09)

**Voladura:** De acuerdo con los criterios de la mecánica de rotura, la voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro del taladro perforados en roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos; fragmentación y desplazamiento. (13)

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación; se utilizará el método científico como método general.

El método científico comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica. Además, enfatiza que la aplicación del método científico al estudio de problemas pedagógicos da como resultado a la investigación científica.

#### **3.1.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo será aplicado en el área de operaciones mina, específicamente al diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance en la Cía. Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente.

### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación es descriptivo simple, la cual determinará el grado de influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente.

En nuestro estudio se ha de diseñar la malla de perforación y voladura, con el propósito de reducir los costos y optimizar los tiempos de la perforación y voladura, siendo en este caso aceptado o tal vez rechazado.

### **3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación de la presente tesis es aplicada porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Además, busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías.

### **3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El nivel de investigación es Descriptivo.

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. POBLACIÓN**

Serán las labores de Avances de la Cía. Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.

### **3.3.2. MUESTRA**

La muestra serán 02 labores de avance pertenecientes a la Cía. Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.

- Rp 240, Nv 1430, Área 16 S
- Rp 8090, Nv 1430, Área 16 S

## **3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.4.1. TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Observación
- Revisión bibliográfica
- Recopilación de datos en campo
- Manejo de Softwares

### **3.4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Software para cálculos Microsoft Excel 2010
- Libros
- Bibliografías de internet
- PC
- Tablas estadísticas
- Entre otros

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DISEÑO DE LAS NUEVAS MALLAS DE PERFORACIÓN

##### 4.1.1. DISEÑO DE MALLA 4.0 M. X 4.0 M.

- Datos de Campo
- Ancho: 4.0 m.
- Alto: 4.0 m.
- Longitud de Barreno: 12 pies (3.66 m.)
- Diámetro de Broca: 45 mm.
- Diámetro de Rimado: 100 mm.
- Densidad de Roca: 2.7 tn/m<sup>3</sup>

##### **Profundidad de los taladros a perforarse por el algoritmo de Holmberg**

$$L = 0.15 + 34.1 * D_1 - 39.4 * D_1^2$$

$$L = 0.15 + 34.1 * 0.10 - 39.4 * 0.10^2$$

$$L = 3.17 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Avance Efectivo**

$$I = 0.95 * L$$

$$I = 0.95 * 3.17$$

$$I = 3.01 \text{ m.}$$

### **Diámetro Equivalente**

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

$$D_2 = 0.045 * \sqrt{n}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Burden 1**

Para obtener una salida satisfactoria, por el tipo de roca favorable y por la cantidad de taladros de alivio (5 tal.) se trabajará en base a:

$$B_1 = 2.0 * D_2$$

$$B_1 = 0.2 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Burden 2**

$$B_2 = B_1 * \sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.20 * \sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.28 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Burden 3**

$$B_3 = 1.5 * B_2 * \sqrt{2}$$

$$B_3 = 1.5 * 0.28 * \sqrt{2}$$

$$B_3 = 0.59 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Espaciamiento en la Corona**

$$E = K * D_1$$

Debido a que se contará con la presencia de taladros para ayuda de corona, se trabajará en base a:

$$E = 22 * 0.045$$

$$E = 1.0 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Espaciamiento en los Hastiales**

$$E = \frac{\textit{Longitud del Hastial}}{N - 1}$$

$$E = \frac{3.50}{4 - 1}$$

$$E = 1.17 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Espaciamiento en el Arrastre**

$$E = \frac{\textit{Ancho} - 2 * 0.10}{N - 1}$$

$$E = \frac{4 - 2 * 0.10}{5 - 1}$$

$$E = 1.0 \text{ m.}$$

### **Cálculo del Perímetro**

$$P = 4 * (\sqrt{A * H})$$

$$P = 4 * (\sqrt{4 * 4})$$

$$P = 16 \text{ m.}$$

### Cálculo del Número de Taladros

$$N^{\circ} Tal = \left(\frac{P}{D_t}\right) + (C * S)$$

$$N^{\circ} Tal = \left(\frac{16}{0.73}\right) + (1.00 * 16)$$

$$N^{\circ} Tal = 38 \text{ taladros.}$$

### Cálculo de la Potencia Relativa por Peso

$$S = \frac{5Q_3}{6Q_{30}} + \frac{1}{6} * \frac{V}{V_0}$$

La potencia por peso del Emulnor usado, relativa al LBF es:

$$S_{LBF} = \frac{5 * 3.85}{6 * 5} + \frac{1}{6} * \frac{0.88}{0.85}$$

$$S_{LBF} = 0.815$$

Luego la potencia por peso del Emulnor usado relativa al ANFO será:

$$\frac{S}{S_{ANFO}} = \frac{0.815}{0.840}$$

$$\frac{S}{S_{ANFO}} = 0.970$$

### Cálculo de Concentración de Carga

$$q_1 = 55 * d * \left(\frac{V}{D_2}\right)^{\frac{3}{2}} * \frac{\left(V - \frac{D_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right)}{S_{ANFO}}$$

$$q_1 = 55 * 0.045 * \left(\frac{0.20}{0.10}\right)^{\frac{3}{2}} * \frac{\left(0.2 - \frac{0.1}{2}\right) * \left(\frac{0.35}{0.4}\right)}{0.97}$$

$$q_1 = 0.947 \text{ kg/m}$$

Se tendrá 2.98 m. de taladro cargado.

$$q_1 = (0.947 \text{ kg/m}) * (2.98 \text{ m/tal}) = 2.83 \text{ kg/tal}$$

### Número de cartuchos de Emulsión

$$\frac{q_1}{\text{peso kg/cart}} = \frac{2.83}{0.2976} = 9.51 = 10 \text{ cartuchos.}$$

### MALLA PROPUESTA 4.0 m. x 4.0 m.

<b>DATOS DE LABOR</b>			
Sección (A x H)	4.00	4.00	(m*m)
RMR	40-60		
Ø Tal. producción- contorno	45	mm	
Ø Taladro de alivio	100	mm	
Longitud de barra	12	pies	
Long. de perforación efectiva	3.20	m	
Avance real	3.00	m	
Eficiencia de voladura	93.75%	%	
Volumen roto	43.20	m3	
P.E. desmonte	2.70	tm/m3	
Tonelaje roto de desmonte	116.64	tm	

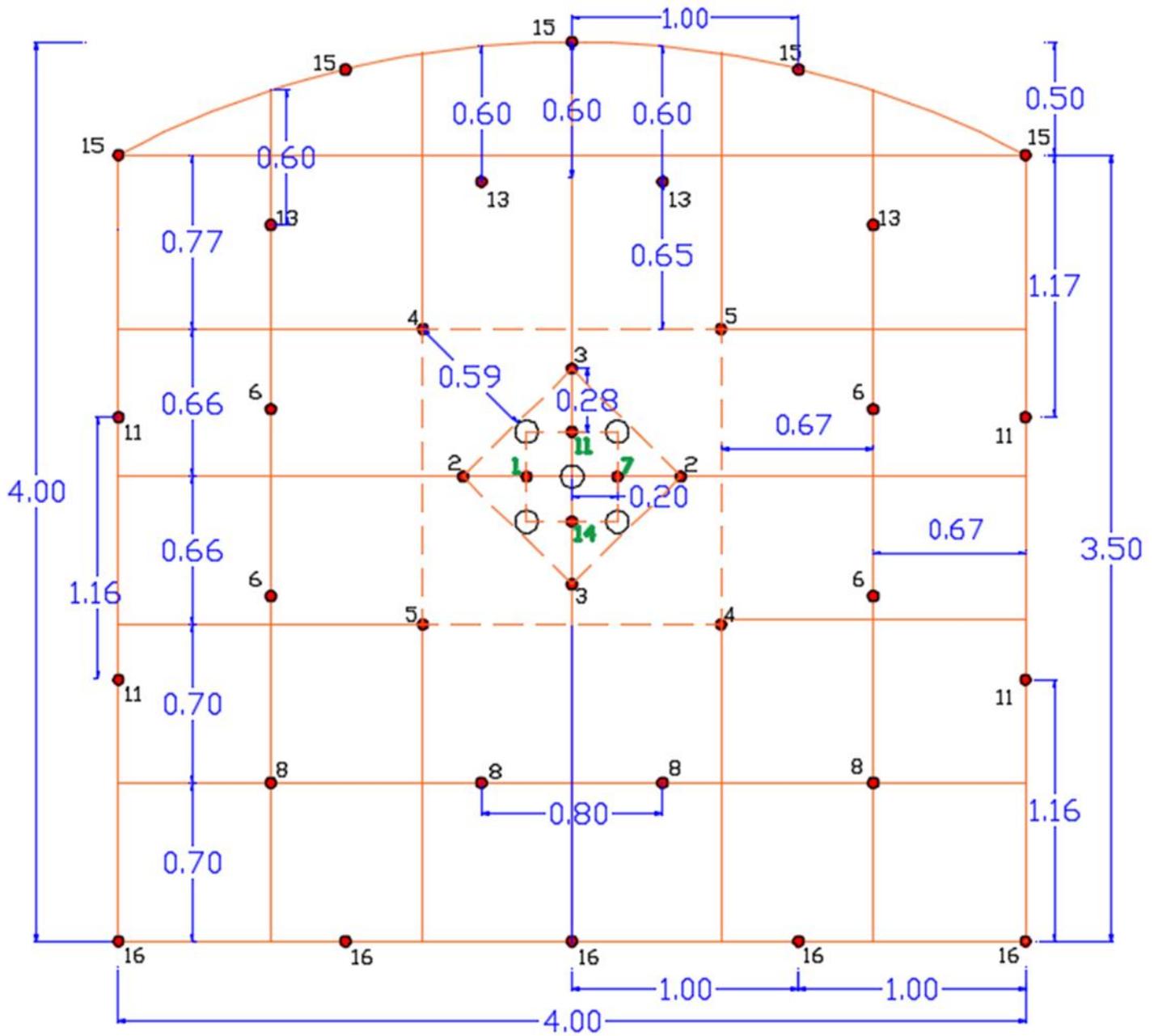
<b>INDICADORES</b>	
Taladros perforados	43 unid.
taladros cargados	38 unid.
Factor de carga	2.00 kg/m3
Factor de potencia	0.74 kg/ton
Factor de avance	28.75 kg/ml

Tabla 11: Distribución de carga de la nueva malla, sección 4.0 m. x 4.0 m.

<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000		EMULNOR 3000		EMULNOR 1000		1
		1 1/8" * 16"		1 1/8" * 16"		1000		1
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	Kg.
Arranque AQ	4	10	11.90		-			-
1° Ayuda arranque PA	4	0.5	0.60	8.5	9.88			-
2° Ayuda arranque SA	4		-	9	10.47			-
3° Ayuda arranque TA			-		-			-
Ayuda de cuadrador AC	4		-	8	9.30			-
Cuadrador CU	4		-	7	8.14			-
Ayuda de corona AZ	4		-	8	9.30			-
Corona o alzas AL	5		-	1	1.45	3	4.26	
Ayuda de arrastre AA	4		-	8	9.30			-
Arrastre AT	5		-	8	11.63			-
Rimados RI	5							
Alivios (Recorte) AL								
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>12.50</b>	<b>239</b>	<b>69.48</b>	<b>15</b>	<b>4.26</b>	
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>	<b>86.24</b>							

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Nueva malla de perforación propuesta, sección 4.0 m. x 4.0 m.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. DISEÑO DE MALLA 3.0 M. X 3.0 M.

##### Datos de Campo

- Ancho: 3.0 m.
- Alto: 3.0 m.
- Longitud de Barreno: 12 pies (3.66 m.)
- Diámetro de Broca: 45 mm.
- Diámetro de Rimado: 100 mm.
- Densidad de Roca: 2.7 tn/m<sup>3</sup>

##### Profundidad de los taladros a perforarse por el algoritmo de Holmberg

$$L = 0.15 + 34.1 * D_1 - 39.4 * D_1^2$$

$$L = 0.15 + 34.1 * 0.10 - 39.4 * 0.10^2$$

$$L = 3.17 \text{ m.}$$

##### Cálculo de Avance Efectivo

$$I = 0.95 * L$$

$$I = 0.95 * 3.17$$

$$I = 3.01 \text{ m.}$$

##### Diámetro Equivalente

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

$$D_2 = 0.045 * \sqrt{n}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Burden 1**

Para obtener una salida satisfactoria, por el tipo de roca favorable y por la cantidad de taladros de alivio (5 tal.) se trabajará en base a:

$$B_1 = 2.0 * D_2$$

$$B_1 = 0.2 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Burden 2**

$$B_2 = B_1 * \sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.20 * \sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.28 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Burden 3**

$$B_3 = 1.5 * B_2 * \sqrt{2}$$

$$B_3 = 1.5 * 0.28 * \sqrt{2}$$

$$B_3 = 0.59 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Espaciamiento en la Corona**

$$E = K * D_1$$

Debido a que se contará con la presencia de taladros para ayuda de corona, se trabajará en base a:

$$E = 22 * 0.045$$

$$E = 1.0 \text{ m.}$$

### **Cálculo de Espaciamiento en los Hastiales**

$$E = \frac{\text{Longitud del Hastial}}{N - 1}$$

$$E = \frac{2.40}{4 - 1}$$

$$E = 0.80 \text{ m.}$$

### Cálculo de Espaciamiento en el Arrastre

$$E = \frac{\text{Ancho} - 2 * 0.10}{N - 1}$$

$$E = \frac{3 - 2 * 0.10}{4 - 1}$$

$$E = 1.0 \text{ m.}$$

### Cálculo del Perímetro

$$P = 4 * (\sqrt{A * H})$$

$$P = 4 * (\sqrt{3 * 3})$$

$$P = 12 \text{ m.}$$

### Cálculo del Número de Taladros

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \left( \frac{P}{D_t} \right) + (C * S)$$

Se utiliza  $D_t = 0.67$  ya que estas secciones se utilizan generalmente en zonas cercanas a yacimientos minerales, por lo que la roca tiende a ser un poco más dura.

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \left( \frac{12}{0.67} \right) + (1.00 * 9)$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = 27 \text{ taladros.}$$

### Cálculo de la Potencia Relativa por Peso

$$S = \frac{5Q_3}{6Q_{30}} + \frac{1}{6} * \frac{V}{V_0}$$

La potencia por peso del Emulnor usado, relativa al LBF es:

$$S_{LBF} = \frac{5 * 3.85}{6 * 5} + \frac{1}{6} * \frac{0.88}{0.85}$$

$$S_{LBF} = 0.815$$

Luego la potencia por peso del Emulnor usado relativa al ANFO será:

$$\frac{S}{S_{ANFO}} = \frac{0.815}{0.840}$$

$$\frac{S}{S_{ANFO}} = 0.970$$

### **Cálculo de Concentración de Carga**

$$q_1 = 55 * d * \left(\frac{V}{D_2}\right)^{\frac{3}{2}} * \frac{\left(V - \frac{D_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right)}{S_{ANFO}}$$

$$q_1 = 55 * 0.045 * \left(\frac{0.20}{0.10}\right)^{\frac{3}{2}} * \frac{\left(0.2 - \frac{0.1}{2}\right) * \left(\frac{0.35}{0.4}\right)}{0.97}$$

$$q_1 = 0.947 \text{ kg/m}$$

Se tendrá 2.98 m. de taladro cargado.

$$q_1 = (0.947 \text{ kg/m}) \times (2.98 \text{ m/tal}) = 2.83 \text{ kg/tal}$$

### **Número de cartuchos de Emulsión 5000**

$$\frac{q_1}{\text{peso kg/cart}} = \frac{2.83}{0.2976} = 9.51 = 10 \text{ cartuchos.}$$

### MALLA PROPUESTA 3.0 m. x 3.0 m.

<b>DATOS DE LABOR</b>			
Sección (A x H)	3.00	3.00	(m*m)
RMR	40-60		
∅ Tal. producción- contorno	45		mm
∅ Taladro de alivio	100		mm
Longitud de barra	12		pies
Long. de perforación efectiva	3.20		m
Avance real	3.00		m
Eficiencia de voladura	93.75%		%
Volumen roto	24.30		m <sup>3</sup>
P.E. desmonte	2.70		tm/m <sup>3</sup>
Tonelaje roto de desmonte	65.61		tm

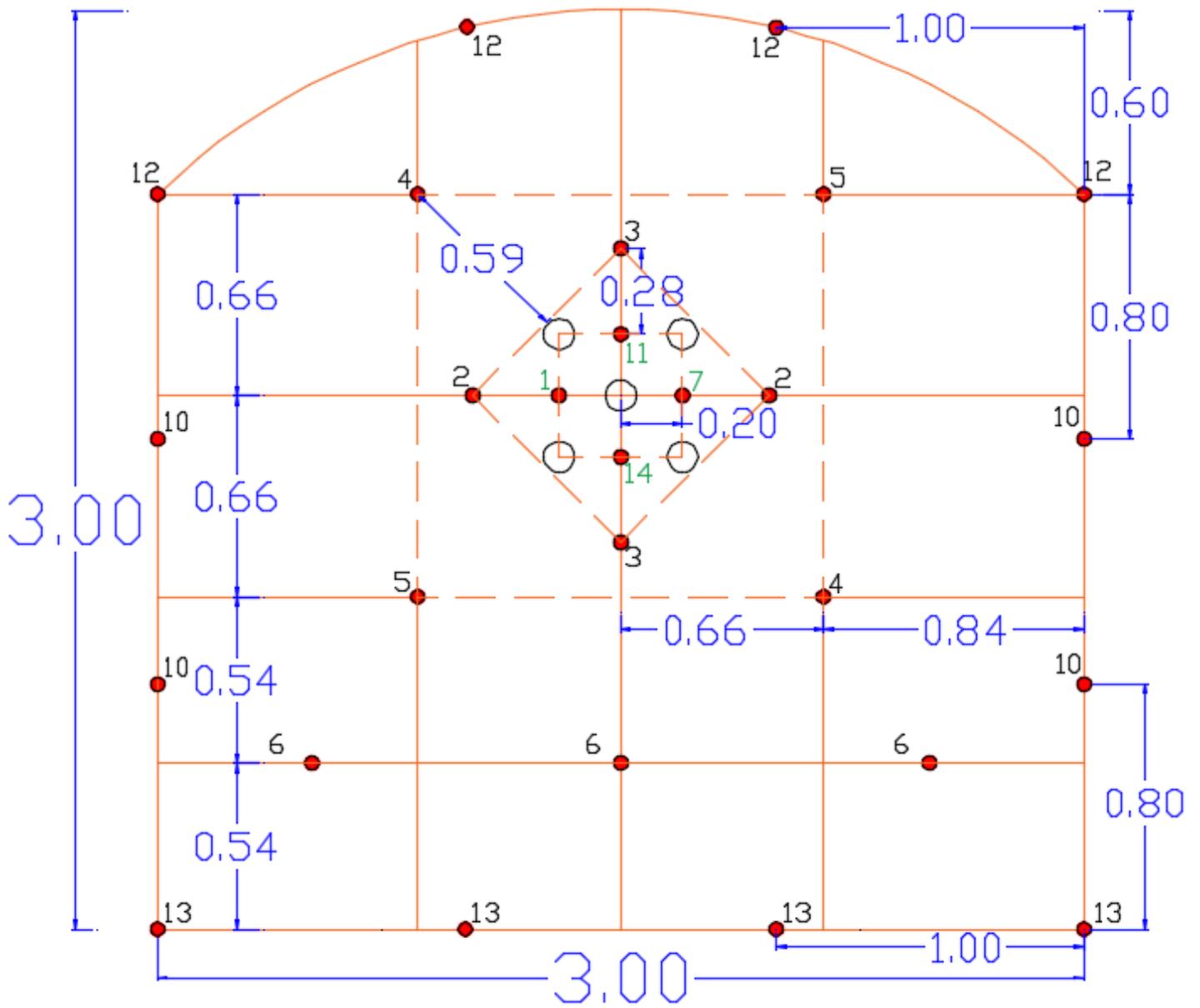
<b>INDICADORES</b>	
Taladros perforados	32 unid.
taladros cargados	27 unid.
<b>Factor de carga</b>	<b>2.54 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0.94 kg/ton</b>
<b>Factor de avance</b>	<b>20.61 kg/ml</b>

Tabla 12: Distribución de carga de la nueva malla, sección 3.0 m. x 3.0 m.

<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000		EMULNOR 3000		EMULNOR		
		1 1/8" * 16"		1 1/8" * 16"		1000	1	
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	
Arranque AQ	4	10	11.90		-			-
1° Ayuda arranque PA	4	0.5	0.60	8.5	9.88			-
2° Ayuda arranque SA	4		-	9	10.47			-
3° Ayuda arranque TA			-		-			-
Ayuda de cuadrador AC			-		-			-
Cuadrador CU	4		-	7	8.14			-
Ayuda de corona AZ			-		-			-
Corona o alzas AL	4		-	1	1.16	3	3.41	
Ayuda de arrastre AA	3		-	8	6.98			-
Arrastre AT	4		-	8	9.30			-
Rimados RI	5							
Alivios (Recorte) AL								
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>12.50</b>	<b>158</b>	<b>45.93</b>	<b>12</b>	<b>3.41</b>	
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>	<b>61.84</b>							

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Nueva malla de perforación propuesta, sección 3.0 m. x 3.0 m.



Fuente: Elaboración propia

## **4.2. RESUMEN DE DISPAROS APLICADOS EN CAMPO CON LAS NUEVAS MALLAS**

A continuación, se muestran indicadores de las pruebas realizadas en campo con las nuevas mallas de perforación, divididas por SECCIÓN DE LA LABOR.

Tabla 13: Datos obtenidos en campo con la nueva malla de perforación, sección 4.0 m. x 4.0 m.

Día:		ESTANDAR	23-may	26-may	29-may	08-jun	09-jun	10-jun	18-jun	PROMEDIO
Labor:		SIMSA	Rp 240 - Nv 1430	Rp 940 - Nv 1515	Rp 940 - Nv 1515	Rp 240 - Nv 1430	SECCIÓN			
Sección:		4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0	4.0x4.0
Sección obtenida:		4.00	4.20	4.09	4.12	4.05	4.02	4.05	4.06	4.08
		4.00	4.11	4.07	4.15	4.08	4.05	4.08	4.09	4.09
<b>Taladros perforados:</b>	tal	47	43	40	42	42	43	43	43	42
<b>Taladros cargados:</b>	tal	43	39	36	37	37	38	38	38	38
<b>Taladros de arranque:</b>	tal	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Demás taladros:</b>	tal	39	35	32	33	33	34	34	34	34
Taladros con cañas de bambú:	tal	7	5	5	5	5	5	5	5	5
Longitud de perforación :	m	3.20	3.18	3.10	3.17	3.18	3.19	3.18	3.19	3.17
<b>Avance:</b>	m	3.00	2.95	2.84	2.97	2.93	3.02	3.05	3.06	2.97
Eficiencia:	%	93.75%	93%	92%	94%	92%	95%	96%	96%	94%
Volumen roto	m3	43.20	45.83	42.55	45.70	43.57	44.25	45.36	45.73	44.71
Peso específico de desmonte	TM/m3	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Tonelaje roto	Tn	116.64	123.74	114.88	123.40	117.65	119.48	122.47	123.47	120.73
<b>Kg explosivo:</b>	Kg	95.45	88.56	81.59	83.91	83.91	86.24	86.24	86.24	85.24
<b>Factor de avance:</b>	Kg/m	31.82	30.02	28.73	28.25	28.64	28.56	28.27	28.18	28.66
<b>Factor de carga:</b>	Kg/m3	2.21	1.93	1.92	1.84	1.93	1.95	1.90	1.89	1.91
<b>Factor de potencia:</b>	Kg/TM	0.82	0.72	0.71	0.68	0.71	0.72	0.70	0.70	0.71
Sobreexcavación:	%	8%	8%	4%	7%	3%	2%	3%	4%	4%
<b>Costo de disparo:</b>	US \$/disp.	695.63	654.57	654.57	654.57	654.57	654.57	654.57	654.57	654.57
Costo por metro avance	US \$/m	231.88	221.89	230.48	220.39	223.40	216.74	214.61	213.91	220.21
Ahorro	US \$	0	41.06	41.06	41.06	41.06	41.06	41.06	41.06	41.06

En este disparo se realiza un taladro más como ayuda de corona, lo que ocasiona una sobre excavación y daño en el techo; se decide eliminar ese taladro en el siguiente disparo.



**Fuente: Elaboración propia**

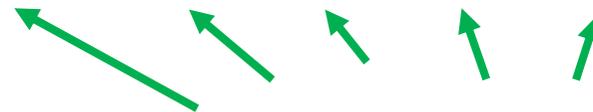
Disparo presenta algunos cuerpos de roca en la zona de las ayudas de hastial, se decide aumentar 1 taladro más de ayuda de hastial en cada lado.

Disparo presenta algunos cuerpos de roca en la zona del techo, se decide aumentar 1 taladro más de ayuda de corona.

Disparos regidos a la nueva malla propuesta con buenos resultados.

Tabla 14: Datos obtenidos en campo con la nueva malla de perforación, sección 3.0 m. x 3.0 m.

Día:			ESTANDAR	09-jun	10-jun	12-jun	15-jun	16-jun	PROMEDIO
Labor:			SIMSA	Acc 942 - Nv 1515	Acc 942 - Nv 1515	Cr 240 - Nv 1430	Acc 434 - Nv 1630	Acc 942 - Nv 1515	SECCIÓN
Sección:			3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0
Sección obtenida:			3.00	3.10	3.10	3.11	3.04	3.10	3.09
			3.00	3.09	3.09	3.11	3.09	3.06	3.10
<b>Taladros perforados:</b>	tal		<b>33</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
<b>Taladros cargados:</b>	tal		<b>29</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Taladros de arranque:</b>	tal		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Demás taladros:</b>	tal		<b>25</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
Taladros con cañas de bambú:	tal		5	5	5	5	5	5	5
Longitud de perforación :	m		3.20	3.17	3.18	3.19	3.18	3.17	3.18
<b>Avance:</b>	m		<b>3.00</b>	<b>3.01</b>	<b>3.04</b>	<b>2.98</b>	<b>3.01</b>	<b>3.04</b>	<b>3.01</b>
Eficiencia:	%		93.75%	95%	96%	93%	95%	96%	95%
Volumen roto	m3		24.30	25.95	26.21	25.94	25.45	25.95	25.89
Peso específico de desmonte	TM/m3		2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Tonelaje roto	Tn		65.61	70.06	70.76	70.04	68.71	70.07	69.89
<b>Kg explosivo:</b>	<b>Kg</b>		<b>64.16</b>	<b>62.69</b>	<b>62.69</b>	<b>62.69</b>	<b>62.69</b>	<b>62.69</b>	<b>62.69</b>
<b>Factor de avance:</b>	<b>Kg/m</b>		<b>21.39</b>	<b>20.83</b>	<b>20.62</b>	<b>21.04</b>	<b>20.83</b>	<b>20.62</b>	<b>20.83</b>
<b>Factor de carga:</b>	<b>Kg/m3</b>		<b>2.64</b>	<b>2.42</b>	<b>2.39</b>	<b>2.42</b>	<b>2.46</b>	<b>2.42</b>	<b>2.42</b>
<b>Factor de potencia:</b>	<b>Kg/TM</b>		<b>0.98</b>	<b>0.89</b>	<b>0.89</b>	<b>0.90</b>	<b>0.91</b>	<b>0.89</b>	<b>0.90</b>
Sobreexcavación:	%		8%	6%	6%	7%	4%	5%	6%
Mano de obra en perforación	US\$/disp.		60.06	60.92	60.92	60.92	60.92	60.92	60.92
Aceros y accesorios de perforación	US\$/disp.		15.23	15.68	15.68	15.68	15.68	15.68	15.68
Equipo de perforación	US\$/disp.		231.28	236.38	236.38	236.38	236.38	236.38	236.38
Mano de obra en voladura	US\$/disp.		29.27	28.27	28.27	28.27	28.27	28.27	28.27
Explosivos y accesorios	US\$/disp.		173.70	166.86	166.86	166.86	166.86	166.86	166.86
<b>Costo de disparo:</b>	<b>US \$/disp.</b>		<b>509.53</b>	508.11	508.11	508.11	508.11	508.11	508.11
Costo por metro avance	US \$/m		169.84	168.81	167.14	170.51	168.81	167.14	168.82
Ahorro	US \$		0	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42



**Fuente: Elaboración propia**

Disparos regidos a la nueva  
malla propuesta con buenos  
resultados

### 4.3. COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS APLICANDO LAS NUEVAS MALLAS DE PERFORACIÓN

#### 4.3.1. TIEMPOS DE PERFORACIÓN

Se obtiene los promedios de los tiempos calculados y de acuerdo a cada malla, tanto la estándar como la malla propuesta, se obtienen los tiempos finales en cada frente. (Detalle del cálculo de tiempos en el Anexo 03)

Tabla 15: Tiempos por frente, sección 4.0 m. x 4.0 m.

MALLAS 4.0 m. x 4.0 m.			
Tiempos con la malla estándar (hr)		Tiempos con la malla propuesta (hr)	
T. efectivo de perforación 45 mm	1.39	T. efectivo de perforación 45 mm	1.27
T. efectivo de perforación 100 mm	0.26	T. efectivo de perforación 100 mm	0.32
T. de maniobras (barrido + traslape)	0.44	T. de maniobras (barrido + traslape)	0.42
Tiempo de posicionamiento	0.03	Tiempo de posicionamiento	0.03
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.89	Tiempo de cebado, carguío taladro	0.79
Tiempo de amarre	0.08	Tiempo de amarre	0.07
<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>3.09</b>	<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>2.90</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Tiempos por frente, sección 3.0 m. x 3.0 m.

MALLAS 3.0 m. x 3.0 m.			
Tiempos con la malla estándar (hr)		Tiempos con la malla propuesta (hr)	
T. efectivo de perforación 45 mm	0.97	T. efectivo de perforación 45 mm	0.94
T. efectivo de perforación 100 mm	0.26	T. efectivo de perforación 100 mm	0.32
T. de maniobras (barrido + traslape)	0.32	T. de maniobras (barrido + traslape)	0.32
Tiempo de posicionamiento	0.03	Tiempo de posicionamiento	0.03
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.60	Tiempo de cebado, carguío taladro	0.56
Tiempo de amarre	0.06	Tiempo de amarre	0.05
<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>2.24</b>	<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>2.23</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. COSTOS POR METRO DE AVANCE

A continuación, se presenta el costo por metro de avance, tanto en perforación como en voladura, en ambas secciones. (Se detalla el cálculo de los costos por metro de avance en el Anexo 04)

Tabla 17: Costos por metro de avance en perforación

	COSTO POR METRO DE AVANCE EN PERFORACIÓN	
	\$/m Estándar	\$/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	134.30	129.56
3.0 m. x 3.0 m.	102.19	104.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Costos por metro de avance en voladura

	COSTO POR METRO DE AVANCE EN VOLADURA	
	\$/m Estandar	\$/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	98.38	89.32
3.0 m. x 3.0 m.	68.34	65.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Costos totales por metro de avance

	COSTO POR METRO DE AVANCE TOTAL EN PERF y VOLADURA	
	\$/m Estandar	\$/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	232.68	218.88
3.0 m. x 3.0 m.	170.53	170.00

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. AHORRO DE COSTOS EN PERFORACIÓN

A continuación, se compara las MALLAS DE PERFORACIÓN ESTÁNDAR para cada sección con las NUEVAS MALLAS PROPUESTAS las cuales reducen el número de taladros:

De acuerdo al costo por metro de avance en Perforación se calcula la diferencia de costos, y también se toma en cuenta el Plan Anual de Avances de SIMSA del año 2018. (Se puede observar el programa anual de avances 2018 de la Cía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. en el Anexo 05).

	COSTO POR METRO DE AVANCE EN PERFORACIÓN	
	\$/m Estándar	\$/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	134.30	129.56
3.0 m. x 3.0 m.	102.19	104.33

Tabla 20: Diferencia de costos en perforación (2018)

		\$/año Estandar	\$/año Nueva Malla	Diferencia	
4.0 m. x 4.0 m.	Enero	121,273	116,990	4,283	
	Febrero	125,571	121,135	4,435	
	Marzo	117,244	113,103	4,141	
	Abril	101,800	98,204	3,596	
	Mayo	108,649	104,811	3,837	
	Junio	113,618	109,605	4,013	
	Julio	112,275	108,309	3,966	
	Agosto	107,977	104,164	3,814	
	Septiembre	124,093	119,710	4,383	
	Octubre	118,587	114,399	4,189	
	Noviembre	101,800	98,204	3,596	
	Diciembre	104,754	101,054	3,700	
			<b>TOTAL</b>	<b>47,952</b>	<b>US\$</b>
3.0 m. x 3.0 m.	Enero	22,890	23,369	-479	
	Febrero	19,518	19,926	-408	
	Marzo	19,007	19,405	-398	
	Abril	31,372	32,028	-656	
	Mayo	22,175	22,639	-464	
	Junio	18,496	18,883	-387	
	Julio	22,277	22,743	-466	
	Agosto	25,956	26,499	-543	
	Septiembre	11,752	11,998	-246	
	Octubre	13,285	13,562	-278	
	Noviembre	32,496	33,176	-680	
	Diciembre	27,795	28,377	-581	
			<b>TOTAL</b>	<b>-5,585</b>	<b>US\$</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Ahorro total en perforación (2018)

AHORRO TOTAL EN PERFORACIÓN (2018) (\$)	
<b>42,367</b>	US\$

Fuente: Elaboración propia

- Como se puede apreciar, si se aplica la Nueva Malla propuesta en un frente de 3.0 m. x 3.0 m, se tendrá una pérdida de **5,585 US\$/\$/año**, lo cual será justificado con el ahorro que se tendrá en voladura.
- En TOTAL utilizando las nuevas mallas de perforación se tendrá un ahorro en Perforación de **42,367 US\$/\$/año**.

#### 4.3.4. AHORRO DE COSTOS EN VOLADURA

De acuerdo al costo por metro de avance en Voladura se calcula la diferencia de costos. Aquí también se tomó en cuenta el programa anual de avances de SIMSA del año 2018. (Anexo 05).

	COSTO POR METRO DE AVANCE EN VOLADURA	
	\$/m Estandar	\$/m Nueva Malla
<b>4.0 m. x 4.0 m.</b>	98.38	89.32
<b>3.0 m. x 3.0 m.</b>	68.34	65.68

Tabla 22: Diferencia de costos en voladura (2018)

		\$/año Estandar	\$/año Nueva Malla	Diferencia	
4.0 m. x 4.0 m.	Enero	88,836	80,659	8,177	
	Febrero	91,984	83,517	8,467	
	Marzo	85,884	77,979	7,905	
	Abril	74,571	67,707	6,864	
	Mayo	79,588	72,263	7,326	
	Junio	83,228	75,567	7,661	
	Julio	82,244	74,674	7,570	
	Agosto	79,096	71,816	7,280	
	Septiembre	90,902	82,535	8,367	
	Octubre	86,868	78,872	7,996	
	Noviembre	74,571	67,707	6,864	
	Diciembre	76,735	69,672	7,063	
				<b>TOTAL</b>	<b>91,538</b> US\$
		\$/año Estandar	\$/año Nueva Malla	Diferencia	
3.0 m. x 3.0 m.	Enero	15,309	14,712	598	
	Febrero	13,054	12,544	509	
	Marzo	12,712	12,216	496	
	Abril	20,982	20,163	819	
	Mayo	14,831	14,252	579	
	Junio	12,370	11,888	483	
	Julio	14,899	14,318	582	
	Agosto	17,360	16,682	678	
	Septiembre	7,860	7,553	307	
	Octubre	8,885	8,538	347	
	Noviembre	21,734	20,885	848	
	Diciembre	18,590	17,864	726	
				<b>TOTAL</b>	<b>6,970</b> US\$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Ahorro total en voladura (2018)

<b>AHORRO TOTAL EN VOLADURA (2018) (\$)</b>	
<b>98,508</b>	<b>US\$</b>

Fuente: Elaboración propia

- En TOTAL utilizando las nuevas mallas de perforación se tendrá un ahorro en Voladura de **98,508 US\$/año.**

#### 4.3.5. AHORRO DE COSTOS TOTALES EN PERFORACIÓN Y VOLADURA

A continuación, se consolida ambos ahorros tanto en Perforación como en Voladura.

	COSTO POR METRO DE AVANCE TOTAL EN PERF y VOLADURA	
	\$/m Estandar	\$/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	232.68	218.88
3.0 m. x 3.0 m.	170.53	170.00

Tabla 24: Ahorro de costos totales en perforación y voladura (2018)

	Diferencia de Costos con Ambas Mallas (Estándar y Malla Propuesta) en Perforación y Voladura (\$)	
Enero	12,579	
Febrero	13,003	
Marzo	12,145	
Abril	10,622	
Mayo	11,278	
Junio	11,770	
Julio	11,651	
Agosto	11,229	
Septiembre	12,811	
Octubre	12,253	
Noviembre	10,628	
Diciembre	10,907	
<b>TOTAL</b>	<b>140,875</b>	<b>US\$</b>

Fuente: Elaboración propia

- En TOTAL utilizando las nuevas mallas de perforación se tendrá un ahorro tanto en Perforación como en Voladura de **140,875 US\$/año.**

#### 4.3.6. AHORRO DE TIEMPOS TOTALES

Se tiene calculado las horas por cada frente (4.0 m. x 4.0 m. y 3.0 m. x 3.0 m.), tanto con la Malla Estándar y la Nueva Malla Propuesta. (Los detalles de estos tiempos se detallan en el Anexo 03)

Tabla 25: Horas por frente ejecutado

	HORAS POR FRENTE	
	hr/frente Estandar	hr/frente Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	3.09	2.90
3.0 m. x 3.0 m.	2.24	2.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Horas por metro de avance ejecutado

	HORAS POR METRO DE AVANCE	
	hr/m Estandar	hr/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	1.03	0.97
3.0 m. x 3.0 m.	0.75	0.74

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los tiempos (horas por metro de avance), se calcula la diferencia de tiempos de la Malla Estándar con la Nueva Malla Propuesta con respecto al Plan Anual de Avances 2018.

Tabla 27: Diferencia de tiempos totales en perforación y voladura (2018)

		hr/año Estandar	hr/año Nueva Malla	Diferencia (hr)	
<b>4.0 m. x 4.0 m.</b>	Enero	931	873	58	
	Febrero	964	904	60	
	Marzo	900	844	56	
	Abril	781	733	49	
	Mayo	834	782	52	
	Junio	872	818	54	
	Julio	862	808	54	
	Agosto	829	777	52	
	Septiembre	952	893	59	
	Octubre	910	853	57	
	Noviembre	781	733	49	
	Diciembre	804	754	50	
			<b>TOTAL</b>	649	hr
		hr/año Estandar	hr/año Nueva Malla	Diferencia	
<b>3.0 m. x 3.0 m.</b>	Enero	167	167	1	
	Febrero	143	142	1	
	Marzo	139	138	1	
	Abril	229	228	1	
	Mayo	162	161	1	
	Junio	135	135	1	
	Julio	163	162	1	
	Agosto	190	189	1	
	Septiembre	86	86	0	
	Octubre	97	97	0	
	Noviembre	238	236	1	
	Diciembre	203	202	1	
			<b>TOTAL</b>	9	hr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Ahorro de tiempos totales en perforación y voladura (2018)

<b>AHORRO TOTAL DE HORAS (2018) (hr)</b>	
<b>658</b>	<b>hr</b>

Fuente: Elaboración propia

- En TOTAL utilizando las nuevas mallas de perforación se tendrá un ahorro de tiempo de **658 hr/año.**

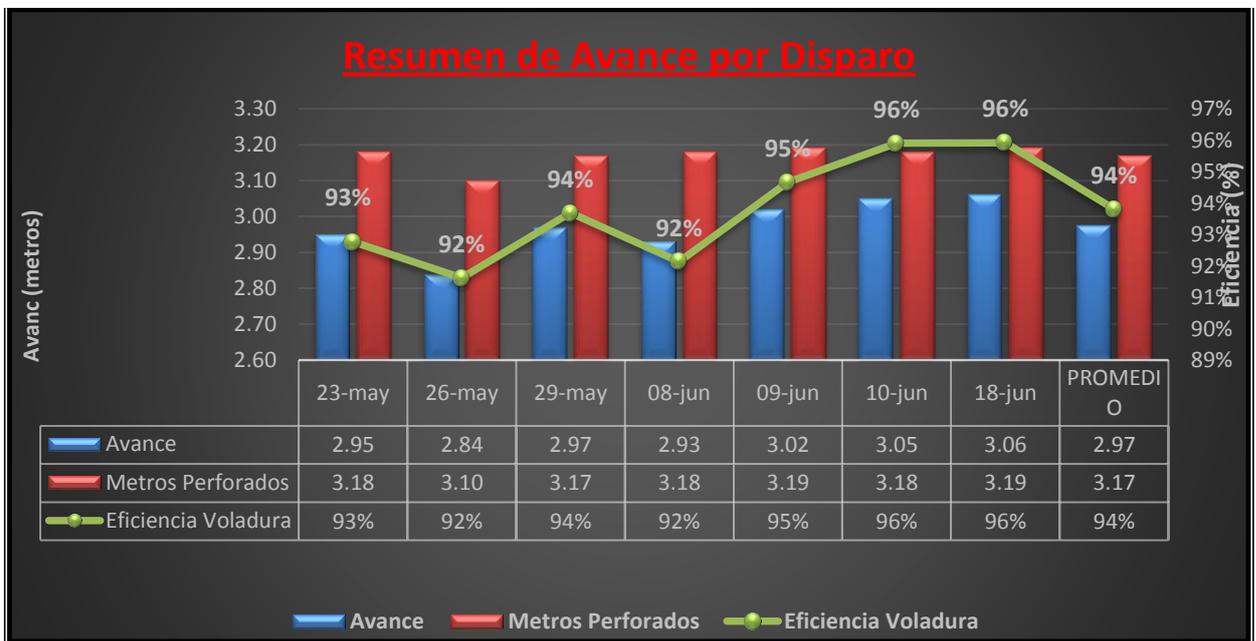
#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para interpretar los resultados obtenidos, se tiene que comparar los datos conseguidos con las “Mallas Estándar” aplicadas actualmente, con los datos al aplicar las “Nuevas Mallas” propuestas.

##### 4.4.1. AVANCE POR DISPARO

##### SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m.

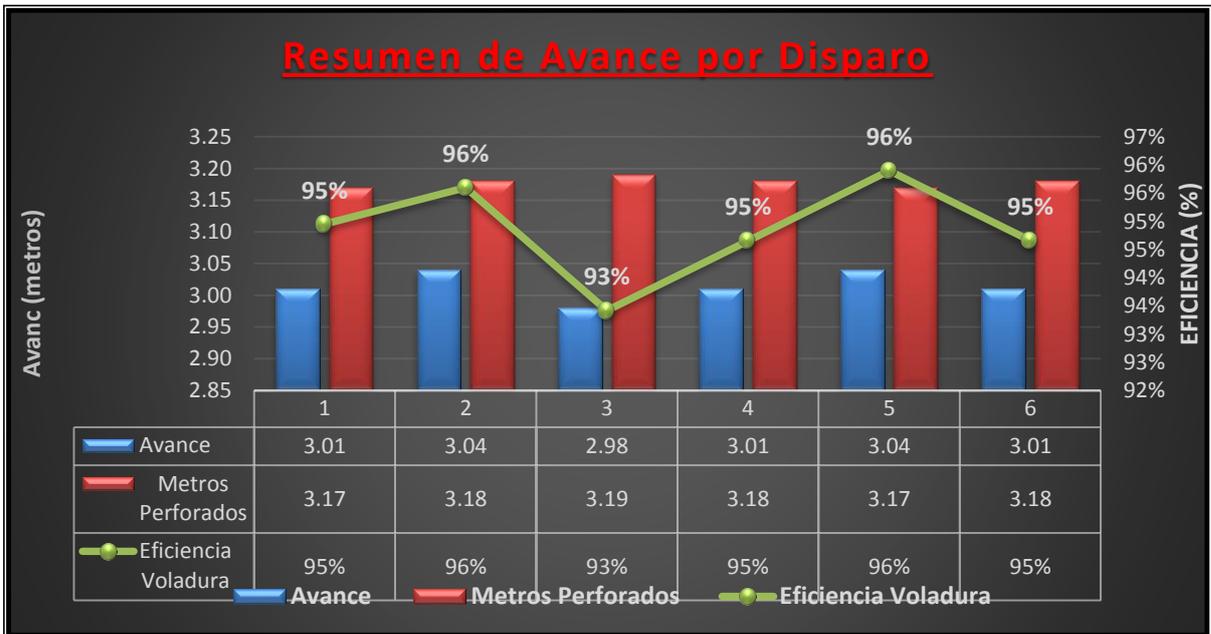
Gráfico 2: Resumen de avances por disparo, sección 4.0 m. x 4.0 m.



Fuente: Elaboración propia

### SECCIÓN 3.0 m. x 3.0 m.

Gráfico 3: Resumen de avances por disparo, sección 3.0 m. x 3.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en los gráficos presentados (Gráfico 2 y Gráfico 3) que en promedio se tiene una eficiencia del **95%**, en la aplicación de ambas mallas; teniendo como referencia que en la Malla Estándar se especifica una eficiencia del 95% como avance esperado de disparo.

#### 4.4.2. FACTOR DE CARGA

##### SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m.

Gráfico 4: Resumen de factores de carga, sección 4.0 m. x 4.0 m.

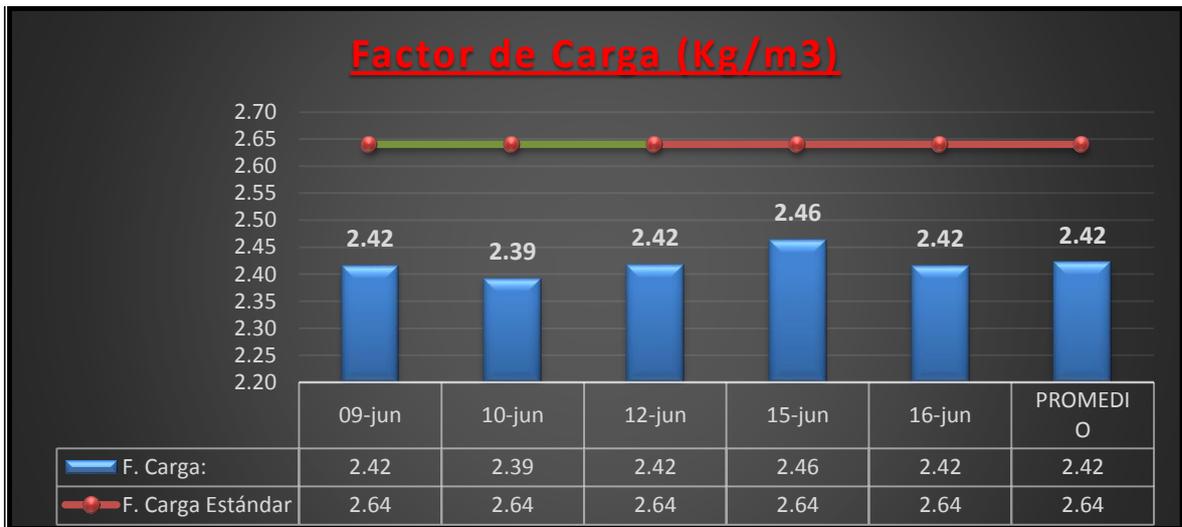


Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 4) que el Factor de Carga “Estándar” es 2.21 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el Factor de Carga promedio en la “Malla Propuesta” aplicada en campo es de 1.91 kg/m<sup>3</sup> para una sección de 4.0 m. x 4.0 m.

## SECCIÓN 3.0 m. x 3.0 m.

Gráfico 5: Resumen de factores de carga, sección 3.0 m. x 3.0 m.



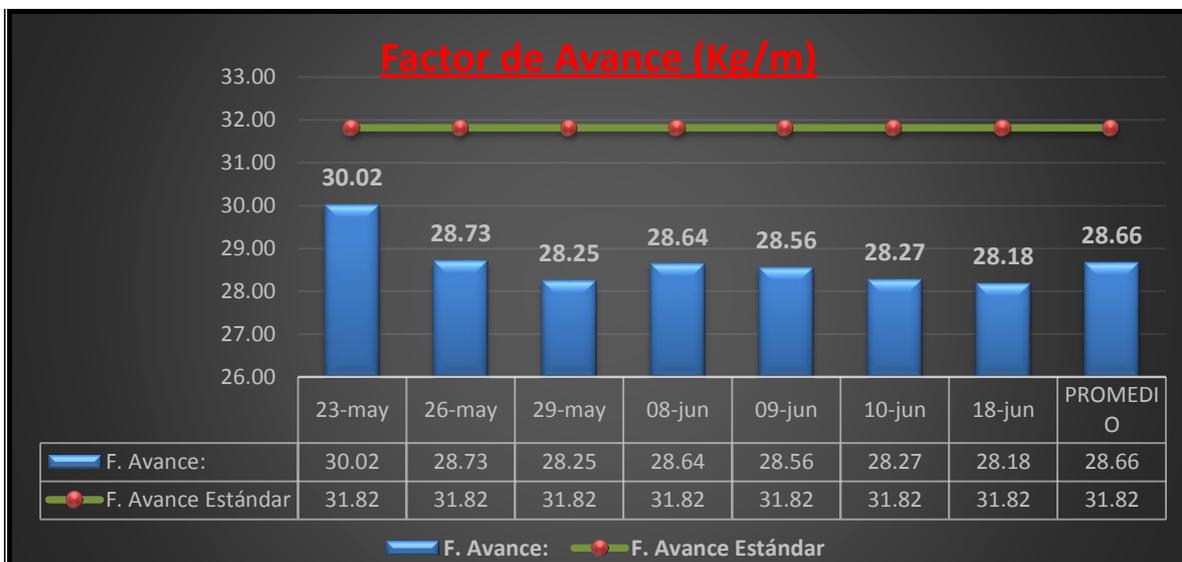
Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 5) que el Factor de Carga “Estándar es 2.64 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el Factor de Carga promedio en la “Malla Propuesta” aplicada en campo es de **2.42 kg/m<sup>3</sup>** para una sección de 3.0 m. x 3.0 m.

### 4.4.3. FACTOR DE AVANCE

#### SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m.

Gráfico 6: Resumen de factores de avance, sección 4.0 m. x 4.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 6) que el Factor de Avance “Estándar” es 31.82 kg/m, mientras que el Factor de Avance promedio en la “Malla Propuesta” aplicada en campo es de 28.66 kg/m para una sección de 4.0 m. x 4.0 m.

## SECCIÓN 3.0 m. x 3.0 m.

Gráfico 7: Resumen de factores de avance, sección 3.0 m. x 3.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en la gráfico presentado (Gráfico 7) que el Factor de Avance “Estándar” es 21.39 kg/m, mientras que el Factor de Avance promedio en la “Malla Propuesta” aplicada en campo es de 20.83 kg/m para una sección de 3.0 m. x 3.0 m.

#### 4.4.4. FACTOR DE POTENCIA

SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m.

Gráfico 8: Resumen de factores de potencia, sección 4.0 m. x 4.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 8) que el Factor de Potencia “Estándar” es 0.82 kg/tm, mientras que el Factor de Potencia promedio en la “Malla Propuesta” aplicada en campo es de 0.71 kg/tm para una sección de 4.0 m. x 4.0 m.

## SECCIÓN 3.0 m. x 3.0 m.

Gráfico 9: Resumen de factores de potencia, sección 3.0 m. x 3.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 9) que el Factor de Potencia “Estándar” es 0.98 kg/tm, mientras que el Factor de Potencia promedio en la “Malla Propuesta” aplicada en campo es de **0.90 kg/tm** para una sección de 3.0 m. x 3.0 m.

#### 4.4.5. KG EXPLOSIVO VS % SOBRE EXCAVACIÓN

##### SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m.

Gráfico 10: Resumen de kg explosivo vs % sobre excavación, sección 4.0 m. x 4.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 10) que en las pruebas realizadas se utilizó en promedio **85.24 kg** de explosivo y se tuvo un porcentaje de sobre excavación en promedio de **4%** para una sección de 4.0 m x 4.0 m.

### SECCIÓN 3.0 m. x 3.0 m.

Gráfico 11: Resumen de kg explosivo vs % sobre excavación, sección 3.0 m. x 3.0 m.



Fuente: Elaboración propia

Observamos en el gráfico presentado (Gráfico 11) que en las pruebas realizadas se utilizó en promedio **62.69 kg** de explosivo y se tuvo un porcentaje de sobre excavación en promedio de **6%** para una sección de 3.0 m x 3.0 m.

#### 4.4.6. COSTO POR METRO DE AVANCE

	COSTO POR METRO DE AVANCE TOTAL EN PERF y VOLADURA	
	\$/m Estandar	\$/m Nueva Malla
4.0 m. x 4.0 m.	232.68	218.88
3.0 m. x 3.0 m.	170.53	170.00

- De acuerdo al cuadro presentado (Tabla 19) se tiene que en una sección de 4.0 m. x 4.0 m. el costo por metro de avance en la “Malla Estándar” es 232.68 \$/m, y aplicando la “Malla Propuesta” se tiene **218.88 \$/m.**
- De acuerdo al cuadro presentado (Tabla 19) se tiene que en una sección de 3.0 m. x 3.0 m. el costo por metro de avance en la “Malla Estándar” es 170.53 \$/m, y aplicando la “Malla Propuesta” se tiene **170.00 \$/m.**

#### 4.4.7. HORAS POR FRENTE

MALLAS 4.0 m. x 4.0 m.			
Tiempos con Malla Estándar (hr)		Tiempos con Malla Propuesta (hr)	
T. efectivo de perforación 45 mm	1.39	T. efectivo de perforación 45 mm	1.27
T. efectivo de perforación 100 mm	0.26	T. efectivo de perforación 100 mm	0.32
T. de maniobras (barrido + traslape)	0.44	T. de maniobras (barrido + traslape)	0.42
Tiempo de posicionamiento	0.03	Tiempo de posicionamiento	0.03
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.89	Tiempo de cebado, carguío taladro	0.79
Tiempo de amarre	0.08	Tiempo de amarre	0.07
<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>3.09</b>	<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>2.90</b>

Observando el cuadro anterior (Tabla 15), tenemos que el tiempo que se toma en un frente de 4.0 m. x 4.0 m. con la “Malla Estándar” es de 3.09 hr/frente, mientras que aplicando la “Malla Propuesta” se tendrá **2.90 hr/frente.**

MALLAS 3.0 m. x 3.0 m.			
Tiempos con la malla estándar (hr)		Tiempos con la malla propuesta (hr)	
T. efectivo de perforación 45 mm	0.97	T. efectivo de perforación 45 mm	0.94
T. efectivo de perforación 100 mm	0.26	T. efectivo de perforación 100 mm	0.32
T. de maniobras (barrido + traslape)	0.32	T. de maniobras (barrido + traslape)	0.32
Tiempo de posicionamiento	0.03	Tiempo de posicionamiento	0.03
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.60	Tiempo de cebado, carguío taladro	0.56
Tiempo de amarre	0.06	Tiempo de amarre	0.05
<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>2.24</b>	<b>Tiempo total de perforación</b>	<b>2.23</b>

Observando el cuadro anterior (Tabla 16), tenemos que el tiempo que se toma en un frente de 3.0 m. x 3.0 m. con la “Malla Estándar” es de 2.24 hr/frente, mientras que aplicando la “Malla Propuesta” se tendrá **2.23 hr/frente.**

## CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados, se determinaron las mejoras (tanto en costos como en tiempos) que trae un nuevo diseño de malla de perforación a comparación de las mallas estándar que se vienen utilizando en las labores de avance de la Cía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A, Unidad San Vicente.

1. La disminución del número de taladros en las nuevas mallas de perforación influye positivamente en la reducción de costos, ya que al tener menos taladros se realiza menos perforación, se emplea menos explosivos y por lo tanto menos horas hombre tanto en perforación como a la hora del carguío.
2. Con respecto a la malla estándar de 4.0 m. x 4.0 m. utilizada; al disminuir la cantidad de taladros de 43 a **38** y el factor de carga de 2.21 kg/m<sup>3</sup> a **2.00 kg/m<sup>3</sup>**, se consigue reducir el costo por metro avanzado de 232.68 US\$/m a **218.88 US\$/m.**
3. Con respecto a la malla estándar de 3.0 m. x 3.0 m. utilizada; al disminuir la cantidad de taladros de 28 a **27** y el factor de carga de 2.64 kg/m<sup>3</sup> a **2.54 kg/m<sup>3</sup>**, se consigue reducir el costo por metro avanzado de 170.53 US\$/m a **170.00 US\$/m.**
4. Debido a que la nueva malla de perforación en un frente de 4.0 m. x 4.0 m. tiene menos taladros a comparación de la malla estándar, se tomará **2.90 hr/frente** en ejecutar un frente completo, a diferencia de los 3.09 hr/frente de la malla estándar.
5. La nueva malla de perforación de una sección de 3.0 m. x 3.0 m, reduce el tiempo de la ejecución de un frente de 2.24 hr/frente a **2.23 hr/frente** con respecto a la malla de perforación estándar.
6. Finalmente se puede concluir que de acuerdo al Plan Anual de Avances del año 2018, de emplear las nuevas mallas de perforación se tendrá un ahorro en Perforación y Voladura de **140,875 US\$/año.**

7. Finalmente se puede concluir que de acuerdo al Plan Anual de Avances del año 2018, de emplear las nuevas mallas de perforación, se tendrá una optimización de tiempos en Perforación y Voladura de **658 hr/frente.**

## RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando las pruebas en campo de estas nuevas mallas de perforación.
2. Las nuevas mallas de perforación han demostrado buenos resultados en frentes de gradiente negativa (-15 %). Se recomienda seguir con las pruebas y evaluar sus resultados por tipo de roca, realizando un levantamiento geomecánico del frente para definir el estándar de carguío por RMR de la roca.
3. Incluir las pruebas en frentes de mineral donde la roca es más dura y competente.
4. Se recomienda colocar tacos de arcilla en todos los taladros, para obtener mejores resultados.
5. Se recomienda estandarizar las NUEVAS MALLAS PROPUESTAS de perforación, ya que se comprueba que se tuvo resultados y generaría un ahorro de 140,875 US\$/año y de 658 hr/año.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. LARA BALTAZAR, Oscar Rafael, "Diseño de Malla de Perforación para Optimizar la Voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcan S.A.A", Tesis de Titulación. UNCP, Huancayo 2013.
02. CHIPANA TITO, Rudy Milton, "Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.", Tesis de Titulación. UNCP, Huancayo 2015.
03. TAIPE OBREGÓN, José Antonio; MARCAÑAUPA CHANCAS, Demecio, "Implementación de un Nuevo Diseño de Malla de Perforación y Voladura en Frentes de Avance, en la Mina San Cristóbal de la Cia. Minera Bateas S.A.C.", Tesis de Titulación. UNCP, Huancayo 2015.
04. PER-ANDERS PERSSON, Roger Holmberg and JAIMIN LEE, "Rock Blasting and Explosives Engineering", CRC Press LLC, 2004.
05. AMES LARA, Víctor, "Libro de Perforación y Voladura I", Huancayo, 4° edición, 2010.
06. AMES LARA, Víctor, "Libro de Perforación y Voladura II", Huancayo, 4° edición, 2010.
07. FAMESA, "Catalogo FAMESA"
08. CALVIN J. KONYA, "Diseño de Voladuras", Publisher, Cuicatl, 1998
09. ESTUDIOS MINEROS DEL PERÚ S.A.C, "Manual de Minería" – Lima
10. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, "Metodología de Costo de Operación en Minería".
11. ENAEX, "Manual de Tronadura".
12. LÓPEZ JIMENO, Carlos; LÓPEZ JIMENO, Emilio; GARCÍA BERMÚDEZ, Pilar, "Manual de Perforación y Voladura de Rocas", Madrid: Ed. Entorno Gráfico Madrid, 2003.
13. EXSA S.A, "Manual Práctico de Voladura de Rocas", Perú, 2000.
14. D. F. COATES, "Fundamentos de Mecánica de Rocas", Canadá: Dirección de Minas. Ministerio de Energía, Minas y Recursos Naturales, 1973.
15. COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A, "Plan Anual de Minado 2018".

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA.			
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	OBJETIVOS.	HIPÓTESIS GENERAL.	VARIABLES.
<p>➤ ¿Cuál es la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p>	<p>➤ Determinar la influencia de la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p>➤ La aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura influye positivamente en la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>➤ X1: Malla de Perforación y Voladura.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECÍFICA	
<p>➤ ¿Cuál es la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p> <p>➤ ¿Cuál es la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p> <p>➤ ¿Cuál es la influencia de la disminución del factor de carga en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018?</p>	<p>➤ Determinar la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ Determinar la influencia de la disminución del número de taladros de perforación en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ Determinar la influencia de la disminución del factor de carga en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p>➤ La disminución del número de taladros de perforación influye positivamente en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ La disminución del número de taladros de perforación influye positivamente en la optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p> <p>➤ La disminución del factor de carga influye positivamente en la reducción de costos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. – Unidad San Vicente, Vitoc – Junín, 2018.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>➤ Y1: Costos de Perforación y Voladura.</p> <p>➤ Y2: Tiempo de Perforación.</p>

**ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>PROCESO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>			
<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>VI: Malla de Perforación y Voladura</b>	Es un conjunto de taladros que se perforan en un frente y que tienen una ubicación, dirección, inclinación y profundidad determinadas. Todos estos con el fin de almacenar explosivos en su interior, cada uno con un respectivo tiempo de retardo, que luego de detonar ocasionarán la excavación de un macizo rocoso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de taladros perforados.</li> <li>• Cantidad de Explosivo utilizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de taladros.</li> <li>• Factor de Carga (Kg/m3)</li> </ul>
<b>VD<sub>1</sub>: Costos de Perforación y Voladura.</b>	Es el valor monetario de dicha operación unitaria necesaria para mantener el proyecto en funcionamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo por disparo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$/metro de avance</li> </ul>
<b>VD<sub>2</sub>: Tiempo de Perforación.</b>	Es un conjunto de tiempos que influyen en la perforación de un frente, tales como: tiempo de percusión, traslape y barrido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de perforación en un frente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hr/frente</li> </ul>

### ANEXO 3: CÁLCULO DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN

A continuación, se presenta la tabla con los tiempos tomados en campo durante la perforación de taladros de 12 pies (Tiempo Efectivo de Perforación + Tiempo de Barrido + Tiempo de Traslape y Direccionamiento)

**Tabla 29: Tiempos de perforación tomados en campo (45 mm)**

Tiempos medidos en campo 45 mm			
Tiempo de perforación (s)	Tiempo de barrido (s)	Tiempo de traslape + Direccionamiento (s)	Total x taladro (S)
89	9	11	109
82	24	65	171
80	15	19	114
100	208	21	329
87	12	78	177
84	11	4	99
85	10	17	112
73	11	10	94
100	10	29	139
89	250	25	364
63	98	30	191
117	11	71	199
100	20	29	149
75	29	3	107
108	100	24	232
105	88	26	219
97	15	15	127
100	13	12	125
250	22	11	283
125	14	25	164
96	16	65	177
100	13	9	122
125	9	13	147
93	16	8	117
93	14	7	114
104	15	9	128
119	11	5	135
105	9	6	120
93	23	14	130
111	25	21	157
107	27	16	150
107	60	20	187
101	14	16	131
97	28	16	141
92		18	110
105	29	17	151
96	23	21	140
89	78	12	179
94	88	12	194
105	9	14	128
97	10	15	122
99	15	13	127
101	24	14	139
110	23	15	148
108	25	16	149
98	15	8	121
102	27	14	143
99	22	13	134
94	35	11	140
105	20	9	134
90	101	12	203
111	25	21	157
89	29	11	129
109	31	8	148
113	20	10	143
99	14	15	128
106	16	7	129
103	14	10	127
99	13	8	120
110	10	12	132
116	11	14	141
134	15	13	162
105	22	13	140
121	13	16	150
118	14	11	143
131	10	9	150
126	15	15	156
129	13	13	155
116	10	11	137
124	12	15	151
119	16	8	143
113	14	11	138
129	15	7	151
114	14	12	140
264	15	9	288
117	21	11	149
101	17	13	131
301	13	8	322
111	14	15	140
117	15	14	146
101	13	15	129
99	16	21	136
199	15	13	227
102	21	17	140
126	17	8	151
132	16	9	157
118	10	17	145
115	14	11	140
101	15	13	129
127	21	13	161
130	27	16	173
114	14	13	141
188	18	12	218
133	23	15	171
105	27	16	148
110	24	10	144
112	26	13	151
126	18	14	158
102	66	65	233
100	18	59	177
131	18	12	161
97	19	33	149
113	6	16	135
121	24	21	166
116	10	22	148
110	8	26	144
102	7	14	123
113	11	25	149
113	18	61	192
103	13	19	135
94	31	62	187
115	7	60	182
106	17	14	137

PROMEDIOS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Tiempos de perforación tomados en campo (rimado)

Tiempos medidos en campo (RIMADO) 100 mm			
Tiempo de perforacion (s)	Tiempo de barrido (s)	Tiempo de traslape + Direccionamiento (s)	Total x taladro (S)
266	58	9	333
278	58	9	345
286	20	6	312
291	22	7	320
281	15	9	305
175	14	11	200
198	20	5	223
195	7	8	210
219	9	6	234
227	12	11	250
247	210	5	462
221	198	8	427
227	22	8	257
245	13	14	272
167	45	8	220
164	233	11	408
<b>PROMEDIOS</b>	<b>230</b>	<b>8</b>	<b>263</b>

Fuente: Elaboración propia

- En la toma de tiempos se tuvieron datos que tenían un valor exageradamente disperso al de los demás (sombreados de rojo), los cuales fueron excluidos del cálculo de los promedios de cada uno de ellos.
- En el caso del tiempo de perforación hubo tiempos muy dispersos debido a que en ocasiones durante la perforación se encuentran fallas internas en el macizo rocoso que dificultan y hacen más lenta la perforación del taladro.
- En el caso del tiempo de barrido se tuvieron tiempos mayores debido a que en ocasiones se tienen terrenos demasiado fracturados o “chancros” lo cual dificultan el lavado del taladro requiriendo de mayor tiempo de barrido
- En el tiempo de traslape y direccionamiento influye mayormente la destreza del operador al momento del manipuleo del brazo del equipo.

## ANEXO 4: DETALLE DEL CÁLCULO DE COSTO POR METRO DE AVANCE

### A) CÁLCULO DE MALLA ESTÁNDAR 4.0 m. x 4.0 m.

Tabla 31: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la malla estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m.

#### Costos directos

Horas efectivas por turno	4.50
Ancho	4.00
Alto	4.00
Tipo de Roca	III
Eficiencia por disparo	93.75%
Avance por disparo	3.00

Parámetros y rendimientos en perforación		
Equipo de perforación	Jumbo	T1D
Longitud de la barra	3.60	m
Longitud efectiva	3.30	m
Diámetro de taladro de producción	45	mm
Diámetro de taladro de alivio	100	mm
Longitud promedio de taladro	3.20	m
Tiempo promedio por taladro 45 mm	1.77	min
Tiempo promedio de rimado 100 mm	3.84	min
Numero de taladros totales	47	
Taladros de alivio	4	
Rendimiento de perforación 45 mm	109	mp/h
Rendimiento de rimado 100 mm	50	mp/h
Número de taladros	24	taladros/h
Tiempo efectivo de perforación 45 mm	1.39	hr
Tiempo efectivo de perforación 100 mm	0.26	hr
Tiempo de maniobras (Barrido + Traslape)	0.44	hr
Tiempo de posicionamiento	0.03	hr
Tiempo total de perforación	2.12	hr
Metros perforados 45 mm	150.40	mp
Metros perforados 101.6 mm	12.80	mp

Costo en Perforación por Metro de Avance (US\$/m)

SECCIÓN 4.0 X4.0	UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)	Costo (US\$/mp)
<b>Costo de perforación</b>					<b>402.9</b>	<b>134.3</b>	<b>2.7</b>
<b>1. Mano de obra</b>					<b>73.3</b>	<b>24.4</b>	<b>0.4</b>
Operador de Jumbo	Tareas	61.5		0.6	35.8	11.9	0.2
Ayudante	Tareas	50.4		0.6	29.3	9.8	0.2
Sobrestante	Tareas	73.7		0.1	8.2	2.7	0.1
<b>2. Aceros y accesorios de perforación</b>					<b>20.3</b>	<b>6.77</b>	<b>0.36</b>
Acople t38 - r38	pies	64	32,232	493	1.0	0.3	0.0
Adaptador de culata t	pies	161	29,784	493	2.7	0.9	0.0
Barra de extension r3	pies	317	24,768	493	6.3	2.1	0.0
Broca de botones r-32	pies	66	4,623	493	7.1	2.4	0.0
Broca rimadora 4"	pies	252	3,258	42	3.2	1.1	0.3
<b>3. Equipo</b>					<b>309.2</b>	<b>103.1</b>	<b>1.9</b>
Jumbo Rocket boomer T1D	hr	145.9		2.12	309.2	103.1	1.9

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la malla estándar, sección 4.0 m. x 4.0 m.**

Parámetros y rendimientos en voladura		
Emulnor 5000	12.50	kg
Emulnor 3000	75.00	kg
Emulnor 1000	7.95	kg
Total emulnor	95.45	kg
Eficiencia por disparo	93.75	%
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.89	hr
Tiempo de amarre	0.08	hr
Tiempo de carguío por frente	0.97	hr
Avance real por disparo	3.00	m
Volumen teórico	43.2	m3
Volumen roto in-situ	47.3	m3
Tonelaje roto	117	tn
Tonelaje roto por taladro cargado	2.71	tn/talad
Porcentaje de sobrerotura	8.00	%
Factor de carga	2.21	kg/m3
Factor de avance	31.82	kg/m

Costo en Perforación por Metro de Avance (US\$/m)

	UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)
<b>Costo de voladura</b>					<b>292.73</b>	<b>98.38</b>
<b>1. Mano de obra</b>					<b>36.25</b>	<b>12.08</b>
Cargador I	Tareas	49.62		0.28	14.03	4.68
Cargador II	Tareas	49.62		0.28	14.03	4.68
Sobrestante	Tareas	73.74		0.11	8.19	2.73
<b>2. Explosivos y accesorios</b>					<b>256.48</b>	<b>86.30</b>
Emulnor 5000	kg	2.05		12.50	25.63	8.54
Emulnor 3000	kg	1.89		75.00	141.75	47.25
Emulnor 1000	kg	1.76		7.95	14.00	4.67
Pentacord	m	0.20		30.00	6.01	2.00
Fanel LP	c.u	1.48		39.00	57.72	19.24
Fanel CP	c.u	1.48		4.00	5.92	1.97
Carmex	c.u	0.71		2.00	1.42	0.47
Mecha rápida	m	0.41		0.10	0.04	0.01
Tacos de arcilla	c.u	0.33		12.00	4.00	1.33
Cinta aislante	c.u	1.24		1.00	1.24	0.41
Cañas	c.u	0.17		7.00	1.17	0.39

Fuente: Elaboración propia

## B) CÁLCULO DE NUEVA MALLA PROPUESTA 4.0 m. x 4.0 m.

Tabla 33: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la nueva malla propuesta, sección 4.0 m. x 4.0 m.

### Costos directos

Horas efectivas por turno	4.50
Ancho	4.00
Alto	4.00
Tipo de Roca	III
Eficiencia por disparo	93.75%
Avance por disparo	3.00

Parámetros y rendimientos en perforación		
Equipo de perforación	Jumbo	T1D
Longitud de la barra	3.60	m
Longitud efectiva	3.30	m
Diámetro de taladro de producción	45	mm
Diámetro de taladro de alivio	100	mm
Longitud promedio de taladro	3.20	m
Tiempo promedio por taladro 45 mm	1.77	min
Tiempo promedio de rimado 100 mm	3.84	min
Numero de taladros totales	43	
Taladros de alivio	5	
Rendimiento de perforación 45 mm	109	mp/h
Rendimiento de rimado 100 mm	50	mp/h
Número de taladros	24	taladros/h
Tiempo efectivo de perforación 45 mm	1.27	hr
Tiempo efectivo de perforación 100 mm	0.32	hr
Tiempo de maniobras (Barrido + Traslape)	0.42	hr
Tiempo de posicionamiento	0.03	hr
Tiempo total de perforación	2.04	hr
Metros perforados 45 mm	137.60	mp
Metros perforados 101.6 mm	16.00	mp

Costo en Perforación por Metro de Avance (US\$/m)

SECCIÓN 4.0 X4.0		UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)	Costo (US\$/mp)
<b>Costo de perforación</b>						<b>388.7</b>	<b>129.6</b>	<b>2.8</b>
<b>1. Mano de obra</b>						<b>71.4</b>	<b>23.8</b>	<b>0.5</b>
Operador de Jumbo	Tareas	61.5		0.6	34.7	11.6	0.2	
Ayudante	Tareas	50.4		0.6	28.4	9.5	0.2	
Sobrestante	Tareas	73.7		0.1	8.2	2.7	0.1	
<b>2. Aceros y accesorios de perforación</b>						<b>19.7</b>	<b>6.56</b>	<b>0.36</b>
Acople t38 - r38	pies	64	32,232	451	0.9	0.3	0.0	
Adaptador de culata t	pies	161	29,784	451	2.4	0.8	0.0	
Barra de extension r3	pies	317	24,768	451	5.8	1.9	0.0	
Broca de botones r-32	pies	66	4,623	451	6.5	2.2	0.0	
Broca rimadora 4"	pies	252	3,258	52	4.1	1.4	0.3	
<b>3. Equipo</b>						<b>297.6</b>	<b>99.2</b>	<b>1.9</b>
Jumbo Rocket boomer T1D	hr	145.9		2.04	297.6	99.2	1.9	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la nueva malla propuesta, sección 4.0 m. x 4.0 m.**

Parámetros y rendimientos en voladura		
Emulnor 5000	12.50	kg
Emulnor 3000	69.48	kg
Emulnor 1000	4.26	kg
Total emulnor	86.24	kg
Eficiencia por disparo	93.75	%
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.79	hr
Tiempo de amarre	0.07	hr
Tiempo de carguío por frente	0.86	hr
Avance real por disparo	3.00	m
Volumen teórico	43.2	m3
Volumen roto in-situ	47.3	m3
Tonelaje roto	117	tn
Tonelaje roto por taladro cargado	3.07	tn/talad
Porcentaje de sobrerotura	8.00	%
Factor de carga	2.00	kg/m3
Factor de avance	28.75	kg/m

Costo en Voladura por Metro de Avance (US\$/m)



	UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)
<b>Costo de voladura</b>					<b>265.90</b>	<b>89.32</b>
<b>1. Mano de obra</b>					<b>33.76</b>	<b>11.25</b>
Cargador I	Tareas	49.62		0.26	12.78	4.26
Cargador II	Tareas	49.62		0.26	12.78	4.26
Sobrestante	Tareas	73.74		0.11	8.19	2.73
<b>2. Explosivos y accesorios</b>					<b>232.14</b>	<b>78.07</b>
Emulnor 5000	kg	2.05		12.50	25.63	8.54
Emulnor 3000	kg	1.89		69.48	131.31	43.77
Emulnor 1000	kg	1.76		4.26	7.50	2.50
Pentacord	m	0.20		30.00	6.01	2.00
Fanel LP	c.u	1.48		34.00	50.32	16.77
Fanel CP	c.u	1.48		4.00	5.92	1.97
Carmex	c.u	0.71		2.00	1.42	0.47
Mecha rápida	m	0.41		0.10	0.04	0.01
Tacos de arcilla	c.u	0.33		12.00	4.00	1.33
Cinta aislante	c.u	1.24		1.00	1.24	0.41
Cañas	c.u	0.17		5.00	0.83	0.28

Fuente: Elaboración propia

### C) CÁLCULO DE MALLA ESTÁNDAR 3.0 m. x 3.0 m.

Tabla 35: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la malla estándar de 3.0 m. x 3.0 m.

#### Costos directos

Horas efectivas por turno	4.50
Ancho	3.00
Alto	3.00
Tipo de Roca	III
Eficiencia por disparo	93.75%
Avance por disparo	3.00

Parámetros y rendimientos en perforación		
Equipo de perforación	Jumbo	T1D
Longitud de la barra	3.60	m
Longitud efectiva	3.30	m
Diámetro de taladro de producción	45	mm
Diámetro de taladro de alivio	100	mm
Longitud promedio de taladro	3.20	m
Tiempo promedio por taladro 45 mm	1.77	min
Tiempo promedio de rimado 100 mm	3.84	min
Numero de taladros totales	33	
Taladros de alivio	4	
Rendimiento de perforación 45 mm	109	mp/h
Rendimiento de rimado 100 mm	50	mp/h
Número de taladros	23	taladros/h
Tiempo efectivo de perforación 45 mm	0.97	hr
Tiempo efectivo de perforación 100 mm	0.26	hr
Tiempo de maniobras (Barrido + Traslape)	0.32	hr
Tiempo de posicionamiento	0.03	hr
Tiempo total de perforación	1.59	hr
Metros perforados 45 mm	105.60	mp
Metros perforados 101.6 mm	12.80	mp

Costo en Perforación por Metro de Avance (US\$/m)

SECCIÓN 3.0 X 3.0		UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)	Costo (US\$/mp)
<b>Costo de perforación</b>						<b>306.6</b>	<b>102.2</b>	<b>2.8</b>
<b>1. Mano de obra</b>						<b>60.1</b>	<b>20.0</b>	<b>0.5</b>
Operador de Jumbo	Tareas		61.5		0.5	28.5	9.5	0.2
Ayudante	Tareas		50.4		0.5	23.4	7.8	0.2
Sobrestante	Tareas		73.7		0.1	8.2	2.7	0.1
<b>2. Aceros y accesorios de perforación</b>						<b>15.2</b>	<b>5.08</b>	<b>0.36</b>
Acople t38 - r38	pies		64	32,232	346	0.7	0.2	0.0
Adaptador de culata t	pies		161	29,784	346	1.9	0.6	0.0
Barra de extension r3	pies		317	24,768	346	4.4	1.5	0.0
Broca de botones r-32	pies		66	4,623	346	5.0	1.7	0.0
Broca rimadora 4"	pies		252	3,258	42	3.2	1.1	0.3
<b>3. Equipo</b>						<b>231.3</b>	<b>77.1</b>	<b>2.0</b>
Jumbo Rocket boomer T1D	hr		145.9		1.59	231.3	77.1	2.0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la malla estándar de 3.0 m. x 3.0 m.**

Parámetros y rendimientos en voladura		
Emulnor 5000	12	kg
Emulnor 3000	47	kg
Emulnor 1000	6	kg
Total emulnor	64.10	kg
Eficiencia por disparo	93.75	%
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.60	hr
Tiempo de amarre	0.06	hr
Tiempo de carguío por frente	0.66	hr
Avance real por disparo	3.00	m
Volumen teórico	24.3	m <sup>3</sup>
Volumen roto in-situ	47.3	m <sup>3</sup>
Tonelaje roto	66	tn
Tonelaje roto por taladro cargado	2.26	tn/talad
Porcentaje de sobrerotura	8.00	%
Factor de carga	2.64	kg/m <sup>3</sup>
Factor de avance	21.37	kg/m

Costo en Voladura por Metro de Avance (US\$/m)

	UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)
<b>Costo de voladura</b>					<b>202.96</b>	<b>68.34</b>
<b>1. Mano de obra</b>					<b>29.3</b>	<b>9.8</b>
Cargador I	Tareas	49.62		0.21	10.54	3.51
Cargador II	Tareas	49.62		0.21	10.54	3.51
Sobrestante	Tareas	73.74		0.11	8.19	2.73
<b>2. Explosivos y accesorios</b>					<b>173.70</b>	<b>58.59</b>
Emulnor 5000	kg	2.05		11.90	24.40	8.13
Emulnor 3000	kg	1.89		46.51	87.91	29.30
Emulnor 1000	kg	1.76		5.68	10.00	3.33
Pentacord	m	0.20		15.00	3.00	1.00
Fanel LP	c.u	1.48		25.00	37.00	12.33
Fanel CP	c.u	1.48		4.00	5.92	1.97
Carmex	c.u	0.71		2.00	1.42	0.47
Mecha rápida	m	0.41		0.10	0.04	0.01
Tacos de arcilla	c.u	0.33		12.00	4.00	1.33
Cinta aislante	c.u	1.24		1.00	1.24	0.41
Cañas	c.u	0.17		5.00	0.83	0.28

Fuente: Elaboración propia

## D) CÁLCULO DE NUEVA MALLA PROPUESTA 3.0 m. x 3.0 m.

Tabla 37: Cálculo de costo por metro avanzado en perforación con la nueva malla propuesta, sección 3.0 m. x 3.0 m.

### Costos directos

Horas efectivas por turno	4.50
Ancho	3.00
Alto	3.00
Tipo de Roca	III
Eficiencia por disparo	93.75%
Avance por disparo	3.00

Parámetros y rendimientos en perforación		
Equipo de perforación	Jumbo	T1D
Longitud de la barra	3.60	m
Longitud efectiva	3.30	m
Diámetro de taladro de producción	45	mm
Diámetro de taladro de alivio	100	mm
Longitud promedio de taladro	3.20	m
Tiempo promedio por taladro 45 mm	1.8	min
Tiempo promedio de rimado 100 mm	3.8	min
Numero de taladros totales	32	
Taladros de alivio	5	
Rendimiento de perforación 45 mm	109	mp/h
Rendimiento de rimado 100 mm	50	mp/h
Número de taladros	23	taladros/h
Tiempo efectivo de perforación 45 mm	0.94	hr
Tiempo efectivo de perforación 100 mm	0.32	hr
Tiempo de maniobras (Barrido + Traslape)	0.32	hr
Tiempo de posicionamiento	0.03	hr
Tiempo total de perforación	1.62	hr
Metros perforados 45 mm	102.40	mp
Metros perforados 101.6 mm	16.00	mp

Costo en Perforación por Metro de Avance (US\$/m)

SECCIÓN 3.0 X 3.0		UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)	Costo (US\$/mp)
<b>Costo de perforación</b>						<b>313.0</b>	<b>104.3</b>	<b>2.9</b>
<b>1. Mano de obra</b>						<b>60.9</b>	<b>20.3</b>	<b>0.5</b>
Operador de Jumbo	Tareas	61.5		0.5	29.0	9.7	0.2	
Ayudante	Tareas	50.4		0.5	23.7	7.9	0.2	
Sobrestante	Tareas	73.7		0.1	8.2	2.7	0.1	
<b>2. Aceros y accesorios de perforación</b>						<b>15.7</b>	<b>5.23</b>	<b>0.36</b>
Acople t38 - r38	pies	64	32,232	336	0.7	0.2	0.0	
Adaptador de culata t	pies	161	29,784	336	1.8	0.6	0.0	
Barra de extension r3	pies	317	24,768	336	4.3	1.4	0.0	
Broca de botones r-32	pies	66	4,623	336	4.8	1.6	0.0	
Broca rimadora 4"	pies	252	3,258	52	4.1	1.4	0.3	
<b>3. Equipo</b>						<b>236.4</b>	<b>78.8</b>	<b>2.0</b>
Jumbo Rocket boomer T1D	hr	145.9		1.62	236.4	78.8	2.0	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38: Cálculo de costo por metro avanzado en voladura con la nueva malla propuesta, sección 3.0 m. x 3.0 m.**

Parámetros y rendimientos en voladura		
Emulnor 5000	13	kg
Emulnor 3000	46	kg
Emulnor 1000	3	kg
Total emulnor	61.84	kg
Eficiencia por disparo	93.8	%
Tiempo de cebado, carguío taladro	0.56	hr
Tiempo de amarre	0.05	hr
Tiempo de carguío por frente	0.61	hr
Avance real por disparo	3.00	m
Volumen teórico	24.3	m <sup>3</sup>
Volumen roto in-situ	47.3	m <sup>3</sup>
Tonelaje roto	66	tn
Tonelaje roto por taladro cargado	2.43	tn/talad
Porcentaje de sobrerotura	8.00	%
Factor de carga	2.54	kg/m <sup>3</sup>
Factor de avance	20.61	kg/m

Costo en Voladura por Metro de Avance (US\$/m)



	UND	CU (US\$)	Vida útil	Cantidad	C x disparo	Costo (US\$/m)
<b>Costo de voladura</b>					<b>195.13</b>	<b>65.68</b>
<b>1. Mano de obra</b>					<b>28.27</b>	<b>9.42</b>
Cargador I	Tareas	49.62		0.20	10.04	3.35
Cargador II	Tareas	49.62		0.20	10.04	3.35
Sobrestante	Tareas	73.74		0.11	8.19	2.73
<b>2. Explosivos y accesorios</b>					<b>166.86</b>	<b>56.25</b>
Emulnor 5000	kg	2.05		12.50	25.63	8.54
Emulnor 3000	kg	1.89		45.93	86.81	28.94
Emulnor 1000	kg	1.76		3.41	6.00	2.00
Pentacord	m	0.20		15.00	3.00	1.00
Fanel LP	c.u	1.48		23.00	34.04	11.35
Fanel CP	c.u	1.48		4.00	5.92	1.97
Carmex	c.u	0.71		2.00	1.42	0.47
Mecha rápida	m	0.41		0.10	0.04	0.01
Tacos de arcilla	c.u	0.33		12.00	4.00	1.33
Cinta aislante	c.u	1.24		1.00	1.24	0.41
Cañas	c.u	0.17		4.00	0.67	0.22

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 5: PROGRAMA DE AVANCES CÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA  
S.A.A. 2018**

A continuación, se presenta el Plan de Avances de la Cía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A, dividido y clasificado por frente y por mes.

**Tabla 39: Programa de avances 2018**

**PROGRAMA DE AVANCES (2018)**

		MES	Metros (m.)
<b>Programa 4.0 m. x 4.0 m.</b>	Enero		903
	Febrero		935
	Marzo		873
	Abril		758
	Mayo		809
	Junio		846
	Julio		836
	Agosto		804
	Septiembre		924
	Octubre		883
	Noviembre		758
	Diciembre		780
		<b>TOTAL</b>	
<b>Programa 3.0 m. x 3.0 m.</b>	Enero		224
	Febrero		191
	Marzo		186
	Abril		307
	Mayo		217
	Junio		181
	Julio		218
	Agosto		254
	Septiembre		115
	Octubre		130
	Noviembre		318
	Diciembre		272
		<b>TOTAL</b>	

Fuente: Plan Anual de Minado SIMSA 2018

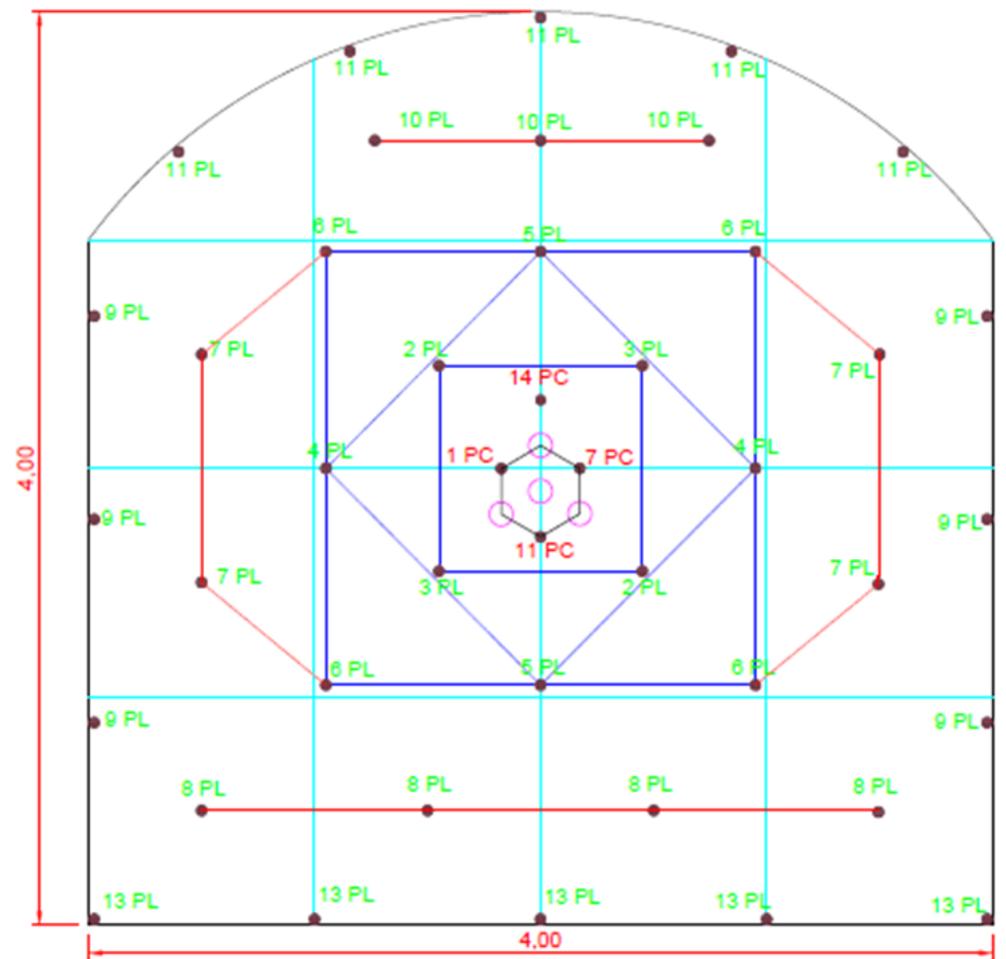
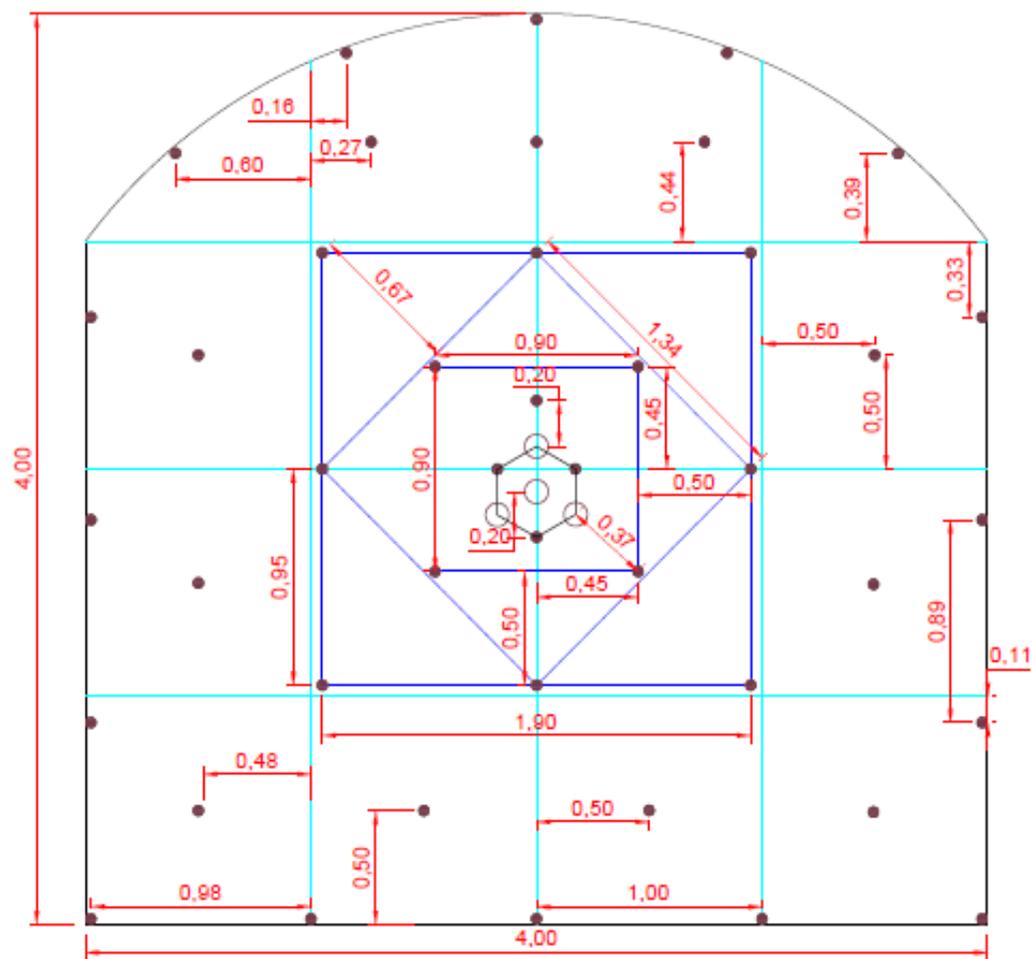
## ANEXO 6: MALLAS ESTÁNDAR

### MALLA ESTÁNDAR 4.0 m. x 4.0 m.

<b>DATOS DE LABOR</b>			
Sección (A x H)	4.00	4.00	(m*m)
RMR	60-50		
Ø Tal. producción- contorno	45		mm
Ø Taladro de alivio	100		mm
Longitud de barra	12		pies
<b>Long. de perforación efectiva</b>	<b>3.20</b>		<b>m</b>
<b>Avance real</b>	<b>3.00</b>		<b>m</b>
Eficiencia de voladura	93.75		%
Volumen roto	43.20		m3
P.E. desmonte	2.70		tm/m3
Tonelaje roto de desmonte	116.64		tm

<b>INDICADORES</b>	
Taladros perforados	47 unid.
taladros cargados	43 unid.
<b>Factor de carga</b>	<b>2.21 kg/m3</b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0.82 kg/ton</b>
<b>Factor de avance</b>	<b>31.82 kg/ml</b>

<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000 1 1/8" * 16"		EMULNOR 3000 1 1/8" * 16"		EMULNOR 1000 1 1/8" * 16"		
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	
		Arranque	AQ	4	10	11.90		
1° Ayuda arranque	PA	4	0.5	0.60	9.5	11.05		-
2° Ayuda arranque	SA	4		-	8	9.30		-
3° Ayuda arranque	TA	4		-	8	9.30		-
Ayuda de cuadrador	AC	4		-	8	9.30		-
Cuadrador	CU	4		-	7	8.14		-
Ayuda de corona	AZ	3		-	8	6.98		-
Corona o alzas	AL	7		-		-	4	7.95
Ayuda de arrastre	AA	4		-	8	9.30		-
Arrastre	AT	5		-	8	11.63		-
Rimados	RI	4		-		-		-
Alivios (Recorte)	AL							-
<b>TOTAL</b>		<b>47</b>	<b>42</b>	<b>12.50</b>	<b>258</b>	<b>75.00</b>	<b>28</b>	<b>7.95</b>
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>		<b>95.45</b>						



## MALLA ESTÁNDAR 3.0 m. x 3.0 m.

<b>DATOS DE LABOR</b>			
<b>Sección (A x H)</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>(m*m)</b>
RMR	50-60		
∅ Tal. producción- contorno	45		mm
∅ Taladro de alivio	100		mm
Longitud de barra	12		pies
<b>Long. de perforación efectiva</b>	<b>3.20</b>		<b>m</b>
<b>Avance real</b>	<b>3.00</b>		<b>m</b>
Eficiencia de voladura	93.75		%
Volumen roto	24.30		m <sup>3</sup>
P.E. desmonte	2.70		tm/m <sup>3</sup>
Tonelaje roto de desmonte	65.61		tm

<b>INDICADORES</b>	
Taladros perforados	33 unid.
taladros cargados	29 unid.
<b>Factor de carga</b>	<b>2.64 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0.98 kg/ton</b>
<b>Factor de avance</b>	<b>21.39 kg/ml</b>

<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000 1 1/8" * 16"		EMULNOR 3000 1 1/8" * 16"		EMULNOR 1000 1 1/8" * 16"		
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	
		Arranque <b>AQ</b>	4	<b>10</b>	<b>11.92</b>		-	
1° Ayuda arranque <b>PA</b>	4		-	<b>9</b>	10.48		-	
2° Ayuda arranque <b>SA</b>	4		-	<b>8</b>	9.31		-	
3° Ayuda arranque <b>TA</b>	4		-	<b>8</b>	9.31		-	
Ayuda de cuadrador <b>AC</b>			-		-		-	
Cuadrador <b>CU</b>	4		-	<b>7</b>	8.15		-	
Ayuda de corona <b>AZ</b>			-		-		-	
Corona o alzas <b>AL</b>	5		-		-	<b>4</b>	5.68	
Ayuda de arrastre <b>AA</b>			-		-		-	
Arrastre <b>AT</b>	4		-	<b>8</b>	9.31		-	
Rimados <b>RI</b>	4		-		-		-	
Alivios (Recorte) <b>AL</b>								
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>11.92</b>	<b>160</b>	<b>46.56</b>	<b>20</b>	<b>5.68</b>	
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>	<b>64.16</b>							



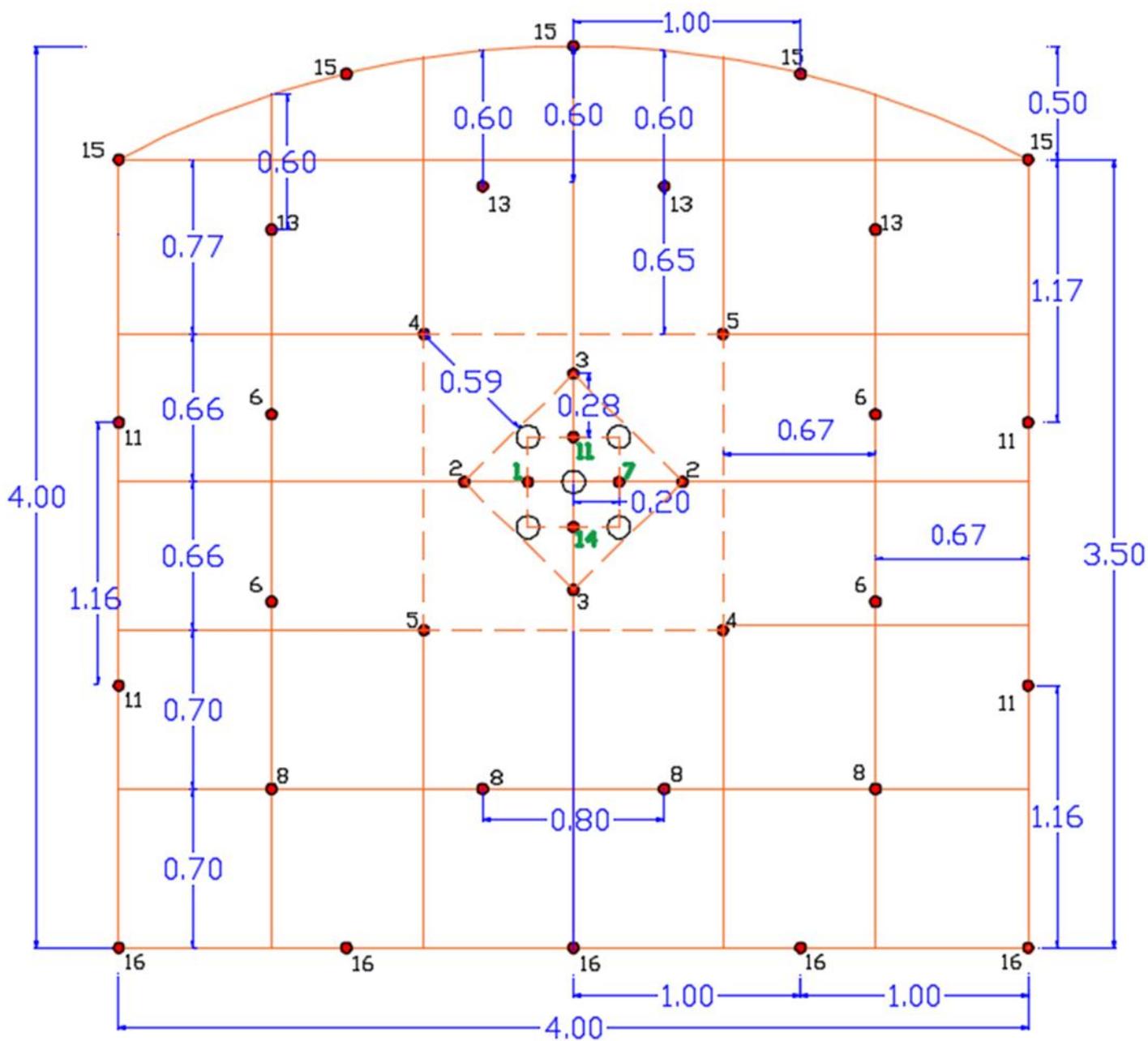
## ANEXO 7: NUEVAS MALLAS PROPUESTAS

### MALLA PROPUESTA 4.0 m. x 4.0 m.

<b>DATOS DE LABOR</b>			
<b>Sección (A x H)</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>(m*m)</b>
RMR	40-60		
Ø Tal. producción- contorno	45		mm
Ø Taladro de alivio	100		mm
Longitud de barra	12		pies
<b>Long. de perforación efectiva</b>	<b>3.20</b>		<b>m</b>
<b>Avance real</b>	<b>3.00</b>		<b>m</b>
Eficiencia de voladura	93.75%		%
Volumen roto	43.20		m3
P.E. desmonte	2.70		tm/m3
Tonelaje roto de desmonte	116.64		tm

<b>INDICADORES</b>	
Taladros perforados	43 unid.
taladros cargados	38 unid.
<b>Factor de carga</b>	<b>2.00 kg/m3</b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0.74 kg/ton</b>
<b>Factor de avance</b>	<b>28.75 kg/ml</b>

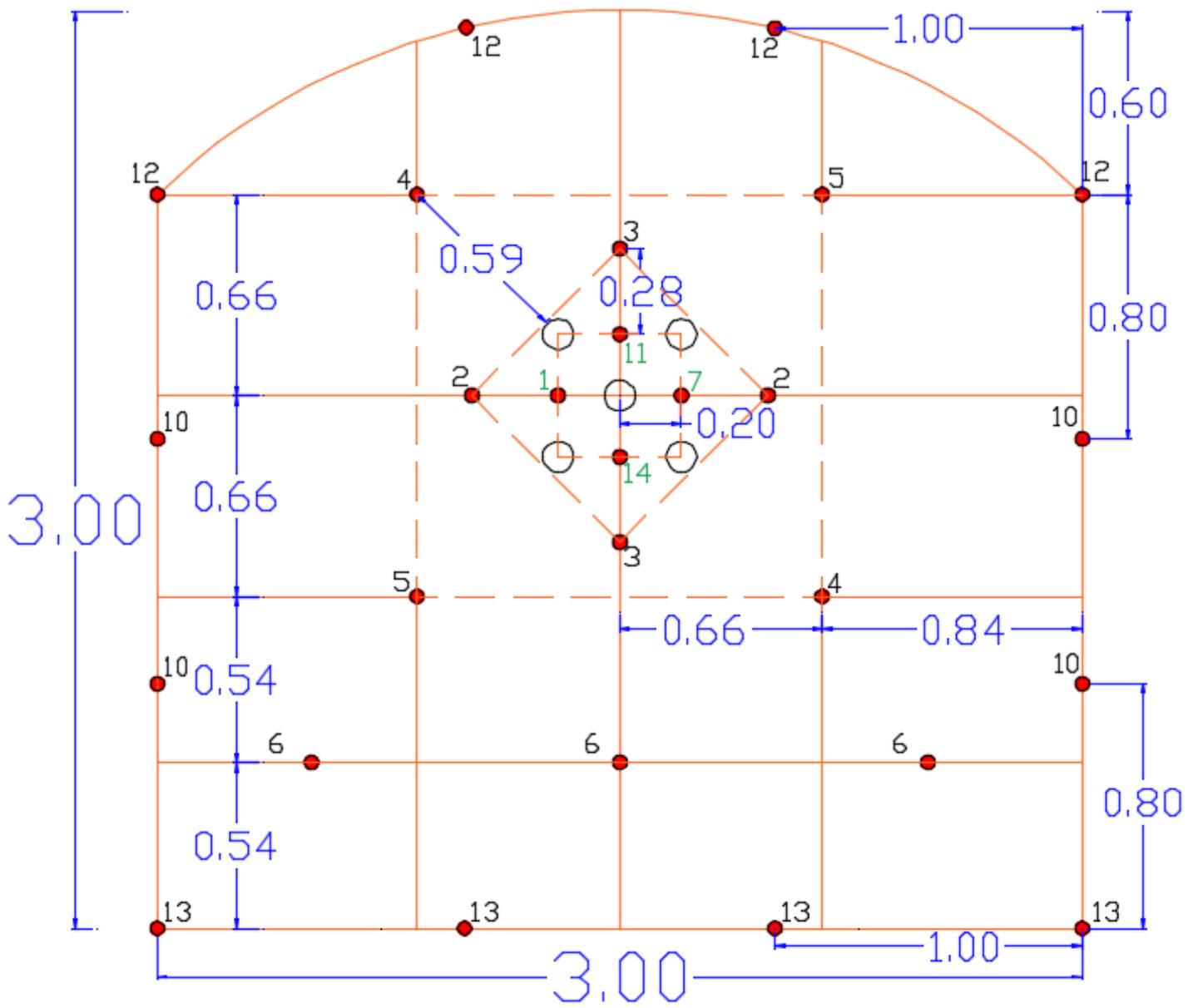
<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>							
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000		EMULNOR 3000		EMULNOR	
		1 1/8" * 16"		1 1/8" * 16"		1000	1
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.
Arranque <b>AQ</b>	4	<b>10</b>	<b>11.90</b>		-		-
1° Ayuda arranque <b>PA</b>	4	<b>0.5</b>	<b>0.60</b>	<b>8.5</b>	<b>9.88</b>		-
2° Ayuda arranque <b>SA</b>	4		-	<b>9</b>	<b>10.47</b>		-
3° Ayuda arranque <b>TA</b>			-		-		-
Ayuda de cuadrador <b>AC</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.30</b>		-
Cuadrador <b>CU</b>	4		-	<b>7</b>	<b>8.14</b>		-
Ayuda de corona <b>AZ</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.30</b>		-
Corona o alzas <b>AL</b>	5		-	<b>1</b>	<b>1.45</b>	<b>3</b>	<b>4.26</b>
Ayuda de arrastre <b>AA</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.30</b>		-
Arrastre <b>AT</b>	5		-	<b>8</b>	<b>11.63</b>		-
Rimados <b>RI</b>	5						
Alivios (Recorte) <b>AL</b>							
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>12.50</b>	<b>239</b>	<b>69.48</b>	<b>15</b>	<b>4.26</b>
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>	<b>86.24</b>						



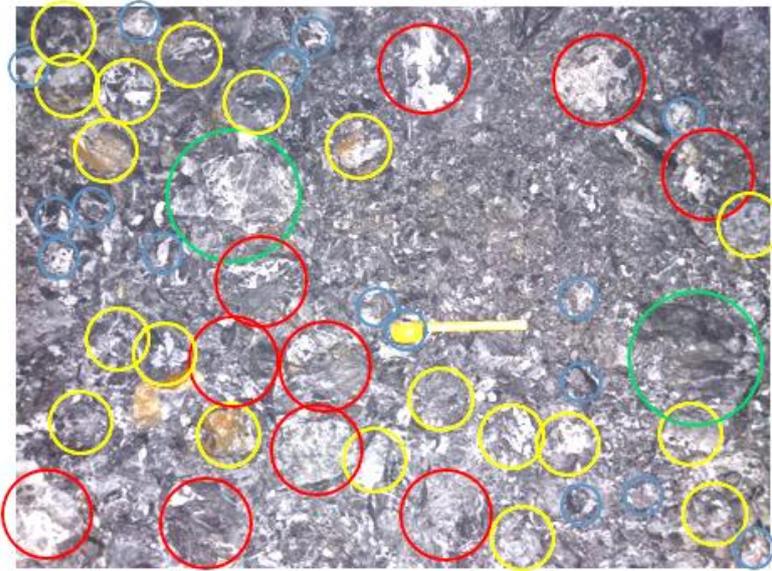
**MALLA PROPUESTA 3.0 m. x 3.0 m.**

<b>DATOS DE LABOR</b>			
Sección (A x H)	3.00	3.00	(m*m)
RMR	40.60		
<b>INDICADORES</b>			
Ø Tal. producción	Taladros perforados		32 unid.
Ø Taladro de aliv	taladros cargados		27 unid.
Longitud de barra	<b>Factor de carga</b>		<b>2.54 kg/m3</b>
Long. de perforac	<b>Factor de potencia</b>		<b>0.94 kg/ton</b>
Avance real	<b>Factor de avance</b>		<b>20.61 kg/ml</b>
Eficiencia de voladura	95.75%		%
Volumen roto	24.30		m3
P.E. desmonte	2.70		tm/m3
Tonelaje roto de desmonte	65.61		tm

<b>DISTRIBUCION DE CARGA</b>								
DESCRIPCION	N° TAL.	EMULNOR 5000		EMULNOR 3000		EMULNOR		
		1 1/8" * 16"		1 1/8" * 16"		1000	1	
		N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	N° cart.	Kg.	
Arranque <b>AQ</b>	4	<b>10</b>	<b>11.90</b>		-		-	
1° Ayuda arranque <b>PA</b>	4	<b>0.5</b>	<b>0.60</b>	<b>8.5</b>	<b>9.88</b>		-	
2° Ayuda arranque <b>SA</b>	4		-	<b>9</b>	<b>10.47</b>		-	
3° Ayuda arranque <b>TA</b>			-		-		-	
Ayuda de cuadrador <b>AC</b>			-		-		-	
Cuadrador <b>CU</b>	4		-	<b>7</b>	<b>8.14</b>		-	
Ayuda de corona <b>AZ</b>			-		-		-	
Corona o alzas <b>AL</b>	4		-	<b>1</b>	<b>1.16</b>	<b>3</b>	<b>3.41</b>	
Ayuda de arrastre <b>AA</b>	3		-	<b>8</b>	<b>6.98</b>		-	
Arrastre <b>AT</b>	4		-	<b>8</b>	<b>9.30</b>		-	
Rimados <b>RI</b>	5							
Alivios (Recorte) <b>AL</b>								
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>12.50</b>	<b>158</b>	<b>45.93</b>	<b>12</b>	<b>3.41</b>	
<b>TOTAL KG. EXPLOSIVO</b>	<b>61.84</b>							



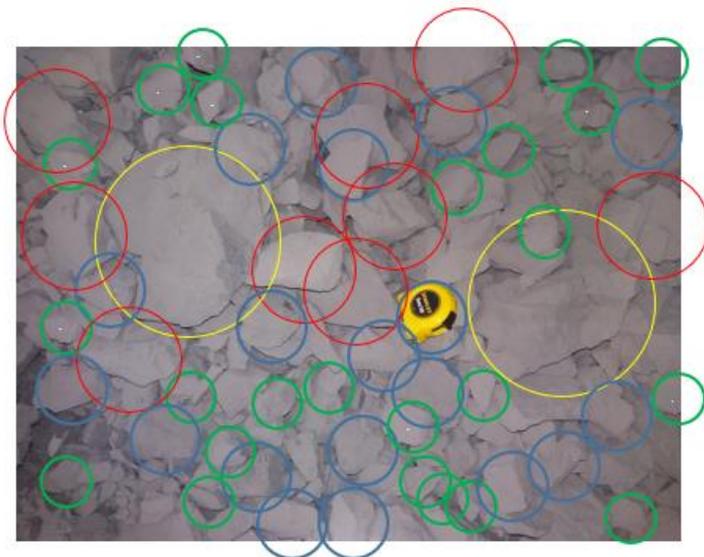
## ANEXO 8: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA



real	uni	escala	unid.	pulg	cant	%	Acumulado
8	cm	0.82	cm	3	15	33%	33%
27	cm	2.8	cm	11	2	4%	37%
19	cm	1.9	cm	7	10	22%	59%
13	cm	1.32	cm	5	19	41%	100%
					46	100%	

### Rampa 240 - 23 de Mayo 2018

- 4.00 m. x 4.00 m.
- 85.08 Kg Eplosivo.
- P80: 5 pulg.



real	uni	escala	unid.	pulg	cant	%	Acumulado
8	cm	1.67	cm	3	16	34%	34%
6	cm	1.2	cm	2	24	45%	79%
12	cm	2.5	cm	5	9	17%	96%
21	cm	4.45	cm	8	2	4%	100%
					53	100%	

### Acceso 942 - 09 de Junio 2018

- 3.00 m. x 3.00 m.
- 77.23 Kg Eplosivo.
- P80: 5 pulg.

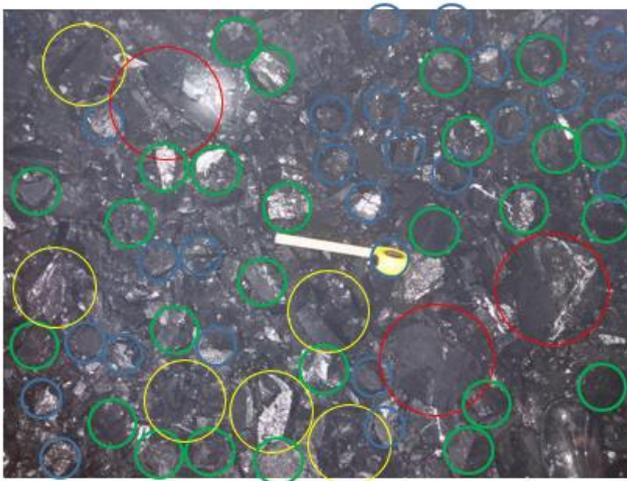
**GRANULOMETRÍA**



real	uni	escala	unid.	pulg	cant	%	Acumulado
8	cm	1.05	cm	3	11	28%	28%
21	cm	2.8	cm	8	10	26%	54%
14	cm	1.9	cm	6	15	38%	92%
36	cm	4.7	cm	14	3	8%	100%
					39	100%	

**Rampa 940 - 26 de Mayo 2018**

- 4.00 m. x 4.00 m.
- 86.24 Kg Explosivo.
- P80: 6 pulg.



real	uni	escala	unid.	pulg	cant	%
8	cm	0.95	cm	3	24	41%
10	cm	1.15	cm	4	26	44%
23	cm	2.75	cm	9	3	5%
17	cm	2	cm	7	6	10%
					59	100%

**Cámara 240 - 29 de Mayo 2018**

- 4.00 m. x 4.00 m.
- 86.24 Kg Explosivo.
- P80: 6 pulg.

## ANEXO 9: FOTOGRAFÍAS DE CAMPO

- Mallas de perforación plasmadas en campo

Figura 16: Nueva malla propuesta plasmada en campo, Rp 940



Fuente: Fotografía tomada por el autor

Figura 17: Nueva malla propuesta plasmada en campo, Rp 240



Fuente: Fotografía tomada por el autor

Figura 18: Nueva malla propuesta plasmada en campo de color azul, Rp 940



Fuente: Fotografía tomada por el autor

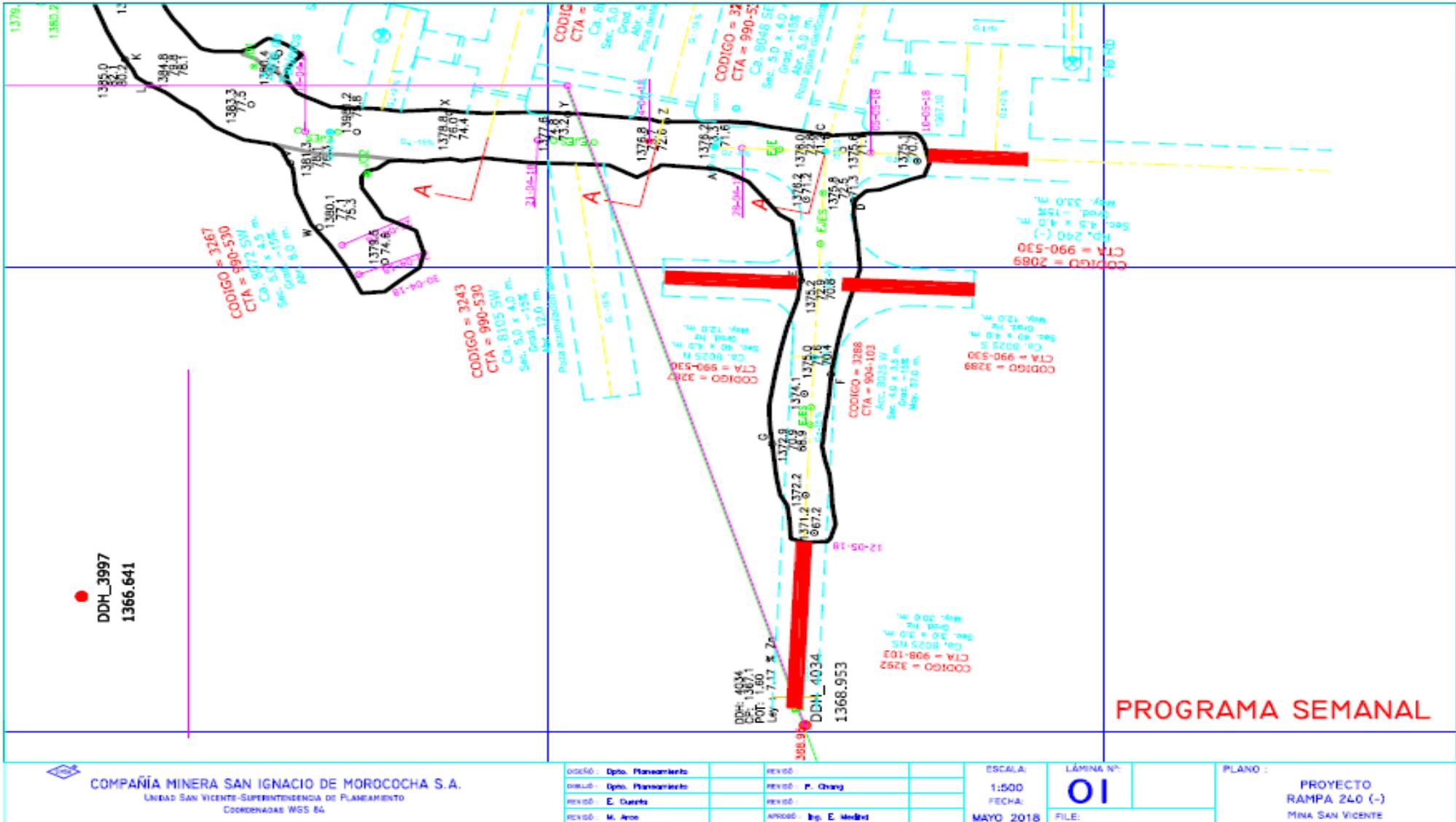
- Medias cañas después de disparo

Figura 19: Medias cañas después de disparo



Fuente: Fotografía tomada por el autor

ANEXO 10: PLANOS DE LAS PRINCIPALES LABORES DE AVANCE EN SIMSA



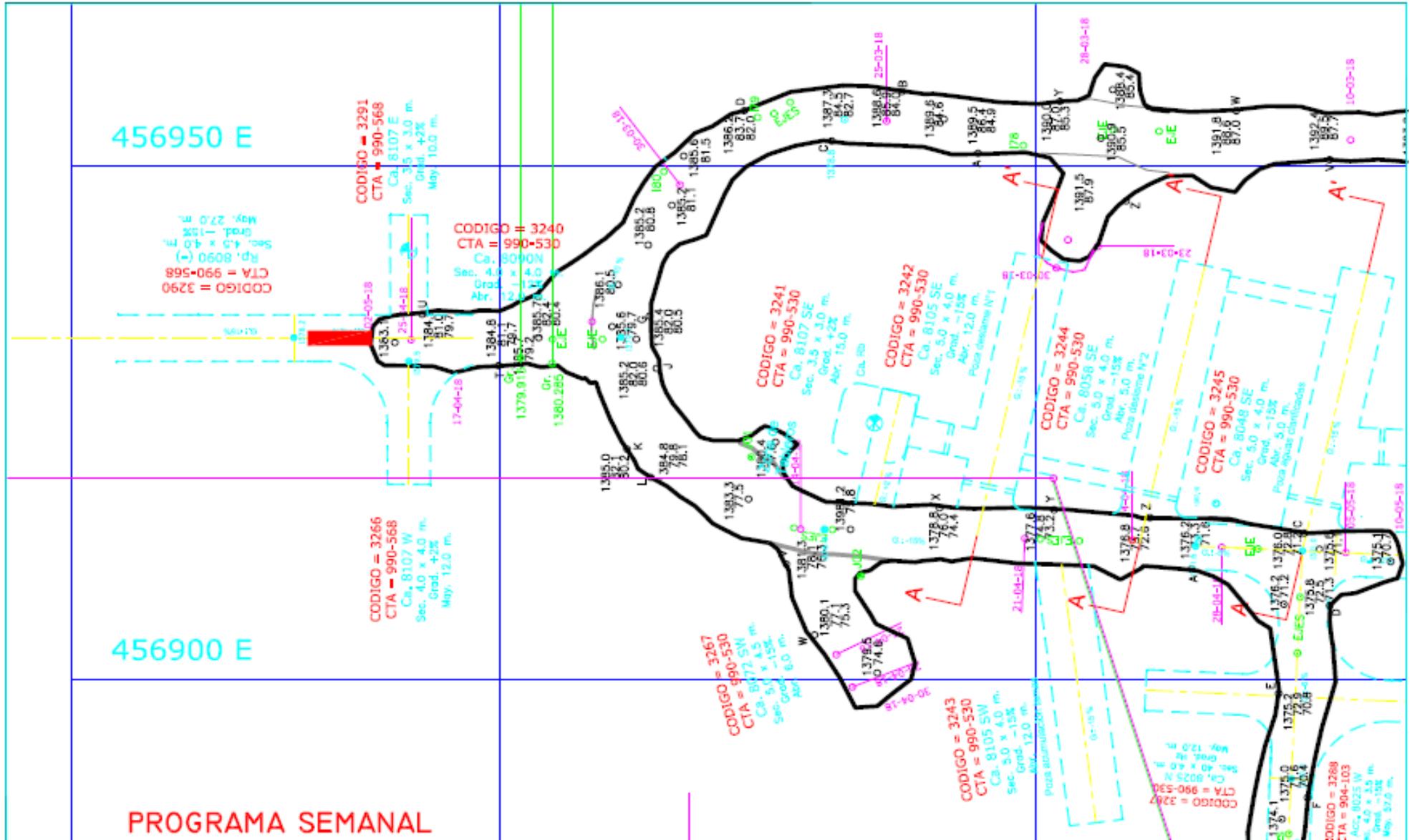
COMPANIA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.  
UNIDAD SAN VICENTE-SUPERINTENDENCIA DE PLANEAMIENTO  
COORDENADAS WGS 84

DISEÑO : Dpto. Planeamiento	REVISÓ :
DIBUJO : Dpto. Planeamiento	REVISÓ : P. Chang
REVISÓ : E. Gueza	REVISÓ :
REVISÓ : M. Arce	APROBÓ : Ing. E. Medina

ESCALA:  
1:500  
FECHA:  
MAYO 2018

LÁMINA N°:  
**01**  
FILE:

PLANO :  
PROYECTO  
RAMPA 240 (-)  
MINA SAN VICENTE



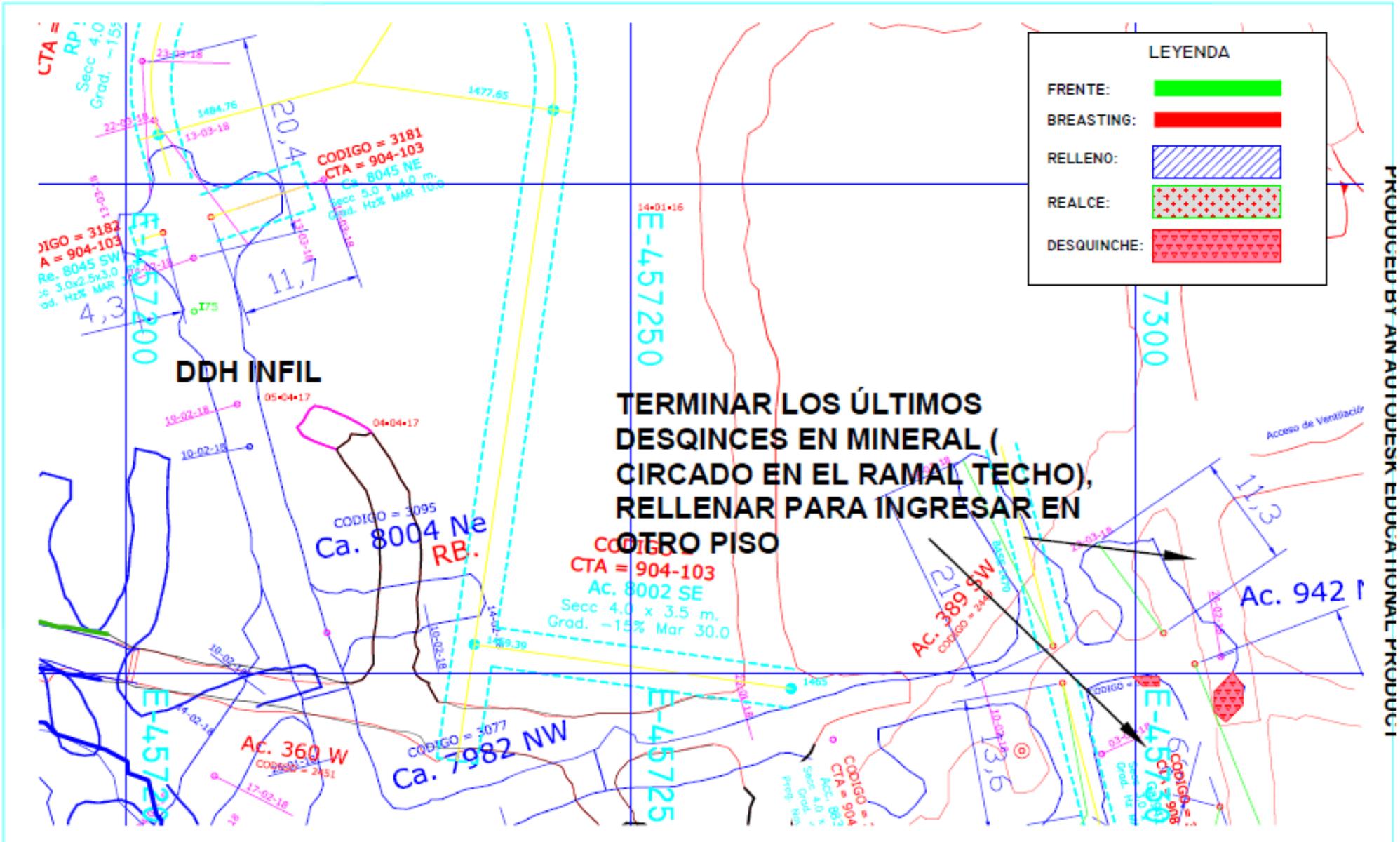
**COMPANIA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.**  
UNIDAD SAN VICENTE-SUPERINTENDENCIA DE PLANEAMIENTO  
COORDENADAS WSS 84

DISEÑO: Dpto. Planeamiento	REVISÓ:
DIBUJO: Dpto. Planeamiento	REVISÓ: P. Chang
REVISÓ: E. Guerra	REVISÓ:
REVISÓ: M. Arce	APROBÓ: Ing. E. Medina

ESCALA:  
1:500  
FECHA:  
MAYO 2018

LAMINA N°:  
**01**  
FILE:

PLANO:  
PROYECTO  
RAMPA 8090 (-)  
MINA SAN VICENTE



 <b>COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.</b> UNIDAD SAN VICENTE-SUPERINTENDENCIA DE PLANEAMIENTO COORDENADAS WGS 84	21560 - Dpto. Planeamiento Niveló -	21560 - Dpto. Planeamiento Niveló -	ESCALA: 1:500	LÁMINA N°: <b>01</b>	PLANO : PLAN DE MINADO RP 940, GA 942 NS MINA SAN VICENTE - SEMANA 13
	21560 - Dpto. Planeamiento Niveló - S. Cuarta	21560 - Dpto. Planeamiento Niveló -	FECHA: MAR 2018	FILE:	
	21560 - M. Aze	21560 - Ing. S. Medina	21560 - M. Aze	S.M.S.A./dvg	