

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización del uso de aceros de perforación para el  
método de minado Bench and Fill en la Veta Mary unidad  
minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.**

Cesar Rutger Ore Acuña

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. Javier Carlos Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por ayudarme a cumplir una de mis anheladas metas. A la Universidad Continental de la Facultad de Ingeniería de Minas y al grupo de profesionales que conforman la plana de docentes, quienes nos inspiraron y nos encaminaron con éxito en nuestra formación académica.

Mi agradecimiento en especial al Ing. Javier Córdova Blancas, por su ayuda desinteresada en brindar sus conocimientos en toda ocasión para la elaboración de la presente tesis.

Finalmente, a la empresa Epiroc Perú S.A y a Volcan Compañía Minera S.A.A por permitirme realizar el presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico a mis padres por enseñarme y forjarme como la persona que soy en la actualidad, al sacrificio y esfuerzo que me brindaron, ellos son mi motivación y ejemplo para seguir, mi eterna gratitud para ustedes.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS .....	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.1.2 Formulación del problema .....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general .....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación e Importancia.....	3
1.3.1 Justificación practica .....	3
1.3.2 Justificación teórica .....	3
1.3.3 Justificación metodológica.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
1.4.1 Hipótesis general.....	4
1.4.2 Hipótesis específicas.....	4
1.5 Identificación de las Variables.....	4
1.5.1 Variables Independientes .....	4
1.5.2 Variables dependientes .....	5
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes del problema .....	7
2.2 Descripción de la unidad minera Carahuacra.....	9
2.2.1 Ubicación y accesibilidad.....	9
2.2.2 Geología regional .....	10
2.2.3 Geología local .....	11
2.2.4 Geología estructural .....	15
2.2.5 Geología económica.....	17
2.3 Bases teóricas .....	20

2.3.1	Proceso de interrelación de la clasificación geomecánica, equipo y columna de perforación sobre la base del método de explotación .....	20
2.3.2	Caracterización de la masa rocosa unidad productora Carahuacra .....	21
2.3.3	Clasificación de la masa rocosa de las vetas de la unidad productora Carahuacra .....	25
2.3.4	Consideraciones sobre las condiciones de estabilidad .....	29
2.3.5	Elección del método de minado Bench and Fill mina Carahuacra-Veta Mary .....	32
2.3.6	Análisis geomecánica para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary-Tajeo 120 E-W .....	36
2.3.7	Fase de planeamiento de los equipos de perforación .....	44
2.3.8	Criterios técnico-económicos de selección del equipo de perforación .....	45
2.3.9	Análisis Geomecánica en relación al rendimiento del equipo y el metraje perforado-Veta Mary .....	50
2.3.10	Diseño de malla de perforación sobre la base de estándares establecidos .....	54
2.3.11	Equipos utilizados por cada tipo de trabajo-mina Carahuacra-Veta Mary .....	55
2.3.12	Análisis de los parámetros y factores de perforación utilizados en la Unidad minera Carahuacra .....	56
2.3.13	Costo de perforación para el método de minado Bech and Fill en la Veta Mary Tajeo 120 E-W .....	62
2.3.14	Rendimientos de la vida útil de los aceros perforación .....	64
2.3.15	Comparación del programa de producción en toneladas, metro perforado y costo total por mes para cada equipo .....	71
2.3.16	Rendimientos del afilado de las brocas y rimadoras de perforación de la unidad Carahuacra .....	78
2.3.17	Performance anual de la perforación en la Unidad Productora Carahuacra .....	82
2.4	Definición de términos .....	84
2.4.1	Contrato metro perforado .....	84
2.4.2	Mantenimiento de aceros .....	84
2.4.3	Columna de perforación .....	85
2.4.4	Supervisión de campo .....	85
2.4.5	Evaluación de roturas y daños .....	85
2.4.6	Intervalo de afilado .....	85
2.4.7	sobre perforación .....	85
2.4.8	Estadísticas de vida útil .....	85
3.1	Método y Alcances de la Investigación .....	86
3.1.1	Método general o teórico de la investigación .....	86
3.1.2	Método específico de la investigación .....	86
3.2	Diseño de la investigación .....	86
3.2.1	Tipo de diseño de investigación .....	86
3.2.2	Nivel de investigación .....	86

3.3 Población y muestra .....	87
3.3.1 Población .....	87
3.3.2 Muestra .....	87
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	87
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	87
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	87
3.5 Método y procedimientos para la recolección de datos .....	87
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	100
4.1 Costo de perforación para el método de minado Bech and Fill en la Veta Mary Tajeo 120 E –W NV 1120 .....	100
4.2 Evaluación de las Variables Técnicas Operacionales del Equipo Simba S7D en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120 .....	105
4.2.1 Equipo de perforación Simba S7D parámetros y factores de perforación. ....	105
4.2.2 Evaluación de factores en la perforación y su influencia en el proceso de la optimización del uso de los aceros.....	107
4.3 Análisis del consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120 .....	116
4.4 Análisis de la velocidad de perforación para el método de minado Bench and Fill de la Veta Mary TJ 120 E-W .....	121
4.5 Optimización de costos y rendimientos de aceros de perforación de la Veta Mary. 124	
CONCLUSIONES .....	130
RECOMENDACIONES .....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	132
ANEXO .....	134



## LISTA DE FIGURAS

Figura N. 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad productora Carahuacra. ....	10
Figura N. 2. Plano de mapeo geológico de la unidad productora Carahuacra. ....	11
Figura N. 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad productora Carahuacra ...	12
Figura N. 4. Plano geológico estructural de la unidad productora Carahuacra. ....	16
Figura N. 5. Plano de sección geológica compuesta de la unidad productora Carahuacra. .....	18
Figura N. 6. Modelo de mineralización de la veta unidad productora Carahuacra del domo de Yauli.....	19
Figura N. 7. Plano de vetas mineralizadas de la Unidad productora Carahuacra.....	20
Figura N. 8. Proceso de interrelación la clasificación geomecánica, equipo y columna de perforación sobre la base del método de explotación. ....	21
Figura N. 9. Plano geológico del Nivel 1020, mostrando los tres sectores mineralizados de la unidad productora Carahuacra.....	22
Figura N. 10. Diagrama estereográfico de contornos de discontinuidades Veta Mary de la unidad productora Carahuacra. ....	24
Figura N. 11. Diagrama estereográfico de planos principales del compósito de discontinuidades de la unidad productora Carahuacra.....	24
Figura N. 12. Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades de la unidad productora Carahuacra.....	25
Figura N. 13. La zonificación geomecánica de la Sección -120 para la unidad productora Carahuacra.....	28
Figura N. 14. Reservas, recursos, el ancho de veta, leyes minerales y valor por tonelada .....	34
Figura N. 15. Plano Geomecánica de la Veta Mary, Nivel_1120 de la GL_720 E-W.....	36
Figura N. 16. Zonificación geomecánica de la Caja Techo TJ_120E-W.....	39
Figura N. 17. Zonificación geomecánica de la Caja Piso TJ_120E-W.....	39
Figura N. 18. Zonificación geomecánica de la estructura mineralizada TJ_120E-W.....	40
Figura N. 19. Factor de seguridad para la explotación con altura de bancos de 5m.....	42
Figura N. 20. Deformación que experimentará el terreno al finalizado el minado en el TJ 120E-W, para altura de banco de 15m.....	43
Figura N. 21. Fase de Planeamiento de los equipos de perforación. ....	44
Figura N. 22. Plano de las vetas de la unidad productora Carahuacra.....	45

Figura N. 23. Criterios de selección de equipos de perforación subterránea. Tomado del “Equipos de perforación en minería subterránea - criterios de selección y optimización operativa”, por J., López, 2015. ....	46
Figura N. 24. Partes principales de un jumbo. ....	47
Figura N. 25. Dimensiones y radio de giro del equipo Simba S7D. Tomado de “las especificaciones técnicas Simba S7D”, por EPIROC PERU S.A. 2018.....	49
Figura N. 26. Perforación de taladros largos equipo J – 310 (Simba S7D).....	50
Figura N. 27. Perforación de taladros largos teniendo controles de los bancos y longitud de perforación.....	52
Figura N. 28. Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos.....	55
Figura N. 29. Partes principales de perforadora hidráulica. ....	58
Figura N. 30. Dimensiones del Jumbo. ....	59
Figura N. 31: Dimensiones de radio de giro Jumbo. ....	60
Figura N. 32. Factores operativos de los equipos de perforación.....	61
Figura N. 33. Dimensiones del tajeo de la Veta Mary.....	62
Figura N. 34. Rendimientos de la vida útil de los aceros perforación. ....	64
Figura N. 35. Comparación de metros perforados en relación al consumo de piezas de perforación del año 2017. ....	66
Figura N. 36. Comparación de metros perforados en relación al consumo de piezas de perforación del año 2018. ....	69
Figura N. 37. Valorización de metros perforados por mes de taladros largos del 2017. ...	73
Figura N. 38. Valorización de metros perforados por mes de taladros largos del 2018. ...	76
Figura N. 39. Comparación de brocas de 64 mm sin afilar y afilada.....	80
Figura N. 40. Comparación de rendimientos de broca y rimadora del año 2017 y 2018...	81
Figura N. 41. Comparación del incremento de rendimiento en costos anual y mensual de los equipos de perforación de la unidad Carahuacra. ....	84
Figura N. 42. Proceso y metodología de la optimización de aceros de perforación.....	88
Figura N. 43. Parámetros generales, perforación y voladura. Tomado del “Curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015.....	90
Figura N. 44. Equipos de perforación, causas generadoras de pérdidas .....	95
Figura N. 45. Diagrama de Ishikawa causa-efecto características claves en perforación general.....	96
Figura N. 46. Bosquejo del problema a tratar en el Ishikawa. ....	98

Figura N. 47. Block de mineralizado de la Veta Mary tajeo 120 E-W Nivel 1120.....	101
Figura N. 48. Diseño de malla para el block de la Veta Mary tajeo 120 E-W Nivel 1120. .....	103
Figura N. 49. Evaluación de los 5 factores claves para la optimización de aceros de perforación.....	108
Figura N. 50. Ishikawa mejorando después de lo observado en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120.....	109
Figura N. 51. Mal emboquillado del equipo Simba S7D .....	110
Figura N. 52. Mal anclaje del stinger .....	111
Figura N. 53. Marcado de malla hasta la mitad del hastial superior con dificultades para proyectar el punto del taladro al piso. ....	112
Figura N. 54. Procedimiento de buenas prácticas en la perforación nueva implementación. .....	113
Figura N. 55. Mal control de los aceros de perforación por el operador del equipo. ....	114
Figura N. 56. Alternativas correctas de cuidado de las brocas de perforación .....	115
Figura N. 57. Control de las brocas en el diámetro y desgaste del inserto .....	115
Figura N. 58. Comparación de rendimiento de broca y rimadora de la perforación en taladros largos. ....	120
Figura N. 59. Velocidad de penetración pie/min broca 64 mm-Veta Mary .....	122
Figura N. 60. Tiempo requerido para 10 taladros de 12 m (8 barras de 5 pies) broca 64 mm-Veta Mary .....	123
Figura N. 61. Comparación del Incremento de rendimiento en costos anual y mensual del equipo Simba S7D.....	128

## LISTA DE TABLAS

Tabla N. 1 Ubicación y accesibilidad mina Carahuacra.....	9
Tabla N. 2 Resumen de discontinuidades.....	23
Tabla N. 3 Calidad de la masa rocosa por sectores.....	26
Tabla N. 4 Resumen de la zonificación geomecánica.....	27
Tabla N. 5 Métodos de minado recomendados.....	33
Tabla N. 6 Clasificación geomecánica beniaowski.....	37
Tabla N. 7 GSI Modificado y Clasificación Geomecánica Beniaowski.....	37
Tabla N. 8 Sistema de discontinuidades Veta Mary E – W – Volcánico.....	38
Tabla N. 9 Clasificación geomecánica del RMR.....	40
Tabla N. 10 Parámetros de Resistencia de Hoek & Brown.....	41
Tabla N. 11 Tamaño de la sección recomendado de labor.....	49
Tabla N. 12 Clasificación RMR del macizo rocoso-Veta Mary.....	51
Tabla N. 13 Cuadro condiciones de trabajo, tipo de roca, tipo de trabajo y metros perforados por mes.....	53
Tabla N. 14 Columna de perforación en equipos producción taladros largos.....	54
Tabla N. 15 Tipo de trabajo y equipos utilizados en el año 2017.....	55
Tabla N. 16 Tipo de trabajo y equipos utilizados en el año 2018.....	56
Tabla N. 17 Características básicas de los equipos de perforación.....	57
Tabla N. 18 Costo total de perforación por dólares por tonelada.....	63
Tabla N. 19 Metros perforados y consumo del 2017 mina Carahuacra.....	65
Tabla N. 20 Metros perforados por actividad y equipo-Veta Mary Año 2017.....	67
Tabla N. 21 Metros perforados y consumo del 2018 mina Carahuacra.....	68
Tabla N. 22 Metros perforados por actividad y equipo-Veta Mary del año 2018.....	70
Tabla N. 23 Producción, metros perforados y costo total por mes 2017.....	72
Tabla N. 24 Producción en toneladas, metros perforados por actividad y equipo Simba S7D-Veta Mary del año 2017.....	74
Tabla N. 25 Producción, metros perforados y costo total por mes 2018.....	75
Tabla N. 26 Producción en toneladas, metros perforados por actividad y equipo Simba S7D-Veta Mary del año 2018.....	77
Tabla N. 27 Comparación de rendimientos de broca y rimadora afilada del año 2017 y 2018 unidad Carahuacra.....	79
Tabla N. 28 Comparativo de rendimientos de la vida útil de aceros del año 2017 y 2018... .....	82

Tabla N. 29 Comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 de los equipos de perforación .....	83
Tabla N. 30 Modelo de análisis de comparación de parámetros y factores de perforación de los equipos.....	91
Tabla N. 31 Modelo de análisis e controles de mando de la vida útil de la broca y rimadora de los equipos de perforación para los tres trabajos de perforación.....	92
Tabla N. 32 Modelo de cálculo de consumo de brocas por mes según tipo de perforación .....	94
Tabla N. 33 Comparación de índices de operación para el equipo Simba S7D.....	99
Tabla N. 34 Volumen de producción en toneladas de la Veta Mary Tajeo 120E-W NV 1120 .....	100
Tabla N. 35 Factores del equipo de perforación Simba S7D.....	101
Tabla N. 36 Parámetros de perforación para la Veta Mary Tajeo 120 E-W Nivel 1120 .	102
Tabla N. 37 Costo total de perforación dólares por tonelada para el 2017 .....	104
Tabla N. 38 Controles de mando de la vida útil de la broca y rimadora del equipo de perforación Simba S7D.....	106
Tabla N. 39 Consumo de brocas 64 mm para la perforación de taladros largos .....	117
Tabla N. 40 Consumo de brocas rimadoras 127 mm para la perforación de taladros largos .....	118
Tabla N. 41 Comparación de rendimientos de broca 64 mm y rimadora 127 mm afilada del año 2018 Veta Mary.....	119
Tabla N. 42 Análisis de pérdida de penetración de la roca-veta Mary .....	122
Tabla N. 43 Costo total de perforación dólares por tonelada para el 2018.....	125
Tabla N. 44 Reducción de costos antes y después de la optimización de los aceros de perforación.....	126
Tabla N. 45 Comparación de índices de operación para el equipo Simba S7D.....	127
Tabla N. 46 Incremento de costos del año 2018 del equipo Simba S7D .....	127
Tabla N. 47 Comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 del Equipo Simba S7D.....	128

## RESUMEN

La Minera Carahuacra-Yauli es una de las unidades mineras de Volcan Compañía Minera S.A.A., dedicada a la explotación y tratamiento de minerales polimetálicos, son sus minerales de cabeza los siguientes: zinc, plata, cobre y plomo. La presente tesis está relacionada al estudio en la Veta Mary, una de la más representativa del yacimiento minero. Es en el tajeo 120 E-W del nivel 1120, donde se consideran todas las variables del presente estudio y establecer conceptos de optimización en el uso de aceros de perforación para el método de Minado Bench And Fill.

Sobre la base del presente estudio realizado en la optimización de aceros de perforación en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120, los controles adecuados de los parámetros y factores de perforación, el tipo de roca a perforar, el intervalo de afilado y la habilidad del operador, ayudaron a lograr el aumento del rendimiento de metros perforados y por lo tanto reducir los costos. Para el año 2018 se tuvo un incremento mensual respecto a la vida útil de las brocas con relación al año 2017.

La velocidad de perforación depende del afilado de broca, a más metros perforados la broca tiende a desgastarse y disminuye la velocidad de perforación, al inicio la broca sin afilar tiende a tener mayor velocidad por ser nueva, pero va disminuyendo su velocidad de penetración a más metros perforados, el afilado genera incremento de vida útil de la broca y de las demás piezas de perforación optimizando costos.

En relación con la broca de 64 mm se obtuvo mensualmente diez metros perforados más y su reducción de costo fue de 12 US\$/mes. Respecto a la rimadora de 127 mm se obtuvo mensualmente 4 metros perforados más y su reducción de costo fue de 4.8 US\$/mes. En términos generales el rendimiento de la vida útil total de las piezas de perforación del año 2017 con relación al año 2018, se tiene un incremento del 3.87% frente al año anterior que representa una reducción de costos para el año 2018 fue de \$18,168.72 anual y \$605.62 mensual, para los cuatro equipos Simbas utilizados en la Unidad Productora Carahuacra.

**Palabra clave:** optimización del uso de aceros de perforación.

## ABSTRACT

The Mining Carahuacra - Yauli, is one of the mining units of Volcan Company Mining S.A.A., dedicated to the exploitation and treatment of polymetallic minerals, being zinc, silver, copper and lead ore. The present thesis is related to the study in the Mary Vein, one of the most representative of the mining deposit, being the 120 EW level of the 1120 level, where all the variables of the present study are considered and establish concepts of optimization in the use of steel steels. Drilling for the Bench and Fill Mining method.

Based on the present study carried out in the optimization of perforation steels in the Mary Vein, 120 EW leveling of the 1120 level, the appropriate controls of the drilling parameters and factors, the type of rock to be drilled, the sharpening interval and the ability of the operator, helped to achieve the increased performance of perforated meters and therefore reduce costs. For the year, 2018 there was a monthly increase regarding the useful life of the bits in relation to the year 2017.

The drilling speed depends on the sharpening of the drill, the drilled drill tends to wear out more meters and the drilling speed decreases, at the beginning the drill without sharpening tends to have greater speed because it is new, but its penetration speed decreases more meters drilled, the sharpening generates an increase in the useful life of the drill and the other drilling pieces, optimizing costs.

In relation to the 64 mm drill bit, 10 more drilled meters were obtained monthly and its cost reduction was US \$ 12 / month; With respect to the 127 mm rhymining machine, 4 more drilled meters were obtained monthly and its cost reduction was US \$ 4.8 / month. In general terms, the performance of the total useful life of the drilling pieces of the year 2017 in relation to the year 2018, there is an increase of 3.87% compared to the previous year that represents a cost reduction for the year 2018 was \$ 18,168.72 per year and \$ 605.62 per month, for the four Simbas equipment used in the Carahuacra Production Unit.

**Keyword:** Optimization of the use of drilling steels.

## INTRODUCCIÓN

La minería en el Perú hoy en día tiene dificultades en la perforación del macizo rocoso y el costo que genera esta operación unitaria. El método extracción más utilizado por las empresas mineras es el método de minado Bench And Fill, debido al mayor tonelaje que se extrae por este método.

La minera Carahuacra es una de las componentes de la unidad económica administrativa, Yauli de Volcan Compañía Minera SAA. Hoy en día la unidad se encuentra explotando por el método de minado Bench And Fill en cuerpos y siguiendo vetas, para la perforación del macizo rocoso se evalúan la clasificación geomecánica del macizo rocoso, el método de minado Bench And Fill, el equipo de perforación utilizado y los aceros de perforación. La tesis está dividida en los siguientes capítulos:

En el capítulo I, el problema general es lograr optimizar el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench And Fill en la Veta Mary, que juega un papel importante en la producción de mineral.

En el capítulo II, existen estudios anteriores de la utilización de aceros de perforación, en esta investigación de análisis e interpretación de datos de perforación, el estudio de la geomecánica es de interés primordial para la elección del tipo de método de explotación, en la perforación y voladura para el análisis del tipo de equipo y aceros de perforación a utilizar.

El capítulo III, el método general es deductivo y analítico para luego aplicar el ciclo de la optimización de aceros de perforación que con lleva a seis pasos consecutivos de mejora continua.

El capítulo IV, el análisis de resultados se basa en tres factores primordiales producción en toneladas, metros perforados, consumo de aceros de perforación, costo del acero de perforación y el beneficio que genera cada trabajo de perforación.

El incremento del rendimiento de los aceros de perforación anual y mensual es directamente proporcional al beneficio económico de cada pieza de perforación.



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y Formulación del Problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Durante muchos años en toda empresa minera a nivel global, la perforación del macizo rocoso juega un papel importante, por ello, la clasificación de la roca, el método de explotación, la interacción del operador y la máquina es determinante para la producción de la empresa.

Asimismo, la minería en el Perú de hoy en día tiene dificultades en la perforación del macizo rocoso y el costo que genera esta operación unitaria. Entonces, el método extracción más utilizado por las empresas mineras es el método de minado Bench And Fill, debido al mayor tonelaje que se extrae por este método.

No siempre la compra de un equipo con mayor velocidad de penetración y tecnología de última generación será la respuesta principal a los problemas de productividad o de avances en las excavaciones. A menudo se debe evaluar los aspectos técnicos para la toma de decisiones correctas, que resuelvan con eficacia y se reflejen en el resultado final de la perforación.

Para lograr esto se tiene un grupo de variables controlables asociadas a factores antes de la perforación y parámetros de perforación. Durante la perforación estos dos nos ayudan a controlar la fragmentación de la roca y la desviación del taladro y su impacto en la sobre dilución, y un conjunto de factores no controlable del terreno in situ.

Además, dentro de un buen planeamiento minero es necesario optimizar el consumo de los aceros de perforación con los factores y parámetros de perforación del equipo, que nos llevará a la mejor elección del acero de perforación (columna de perforación) y el modelo de perforadora para utilizar, un análisis que nos sirve para terrenos complicados.

Asimismo, es necesario mencionar que todo proceso de producción en donde los estándares están sometidos a un proceso de mejora continua, se viabiliza la mejora de cada subproceso de perforación y voladura de rocas. También, son los factores técnicos los que determinan finalmente la estandarización y por ende la reducción de costos con una mayor productividad. Para ello es necesario encontrar la causa raíz del problema (1).

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo será la optimización del uso de aceros de perforación para el método de minado Bench And Fill en la Veta Mary Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo influye las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D en el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?
- ¿Cómo influye la disminución de las variables de productividad en el consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?
- ¿Cómo influye la mejorar de la velocidad de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?
- ¿Cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Optimizar el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D en el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
- Disminuir las variables de productividad en el consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
- Aumentar la velocidad de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.

- Determinar la evaluación técnica económica del consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.

### **1.3 Justificación e Importancia**

#### **1.3.1 Justificación practica**

La veta Mary del tajeo 120 E-W del Nv. 1120 de la unidad de extracción de Carahuacra perteneciente a la Empresa Volcan Compañía Minera S.A.A. viene teniendo bajos rendimientos de la vida útil de los aceros de perforación para el método de minado Bench And Fill. Es este método en sus operaciones unitarias de suma importancia, pues se tiene a la perforación que juega un papel importante en la producción de mineral. Si se genera retrasos en la perforación por motivos operacionales, mal estado del equipo, el tipo de macizo rocoso a perforar, los parámetros de perforación se regulan de acuerdo al tipo de roca, por su dureza, contextura y abrasividad, habilidad del operador y por último deficiencias en el afilado de las brocas, todas estas variables, generan el atascamiento de la columna de perforación, roturas prematuras, desgaste prematuro etc., esto significa pérdidas en términos económicos que afectan a la unidad de minera Carahuacra de forma directa en la producción de mineral.

#### **1.3.2 Justificación teórica**

Se desarrolló la optimización del uso de aceros de perforación en la veta Mary del tajeo 120 E-W del Nv. 1120 de la unidad de extracción de Carahuacra perteneciente a la Empresa Volcan Compañía Minera S.A.A. Asimismo, se realizó el control de los factores y parámetros en la perforación, se redujo los retrasos operacionales y se optimizó el consumo de aceros, para cada equipo de perforación. Además, se tiene factores controlables como los parámetros de equipo, habilidad del operador, el ciclo de mantenimiento del equipo entre otros. En los no controlables tenemos la geomecánica del macizo rocoso a perforar.

#### **1.3.3 Justificación metodológica**

Esta investigación será de tipo aplicada, de nivel de investigación explicativo, y, como diseño, empleará el experimental. A la vez, su muestra estará compuesta por la veta Mary en el tajeo 120 E-W del Nv. 1120 de la Unidad de extracción de Carahuacra perteneciente a la Empresa Volcan Compañía Minera S.A.A. Por último, como técnica de recolección de información, se usará la observación in situ, y como instrumento se empleó la recolección

de datos del equipo en el campo de trabajo. Asimismo, el análisis estará en función a estadísticas de la producción, consumo de aceros de perforación, metros perforados y los costos que genera en cada uno de ellos, nos ayuda a mejorar continuamente.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La optimización del uso de aceros de perforación influirá positivamente en la reducción de costos de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La influencia de las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D en el uso de aceros de perforación, se relaciona según el tipo de roca a perforar en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
- La disminución de las variables de productividad en el consumo de aceros de perforación influye positivamente en el aumento del rendimiento de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
- El aumento de la velocidad de perforación influye positivamente en la reducción del tiempo de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
- La evaluación técnica económica del consumo de aceros de perforación influye positivamente en la reducción de costos de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.

## **1.5 Identificación de las Variables**

### **1.5.1 Variables Independientes**

**Optimización del uso de los aceros de perforación.** Es la reducción de los costos de perforación por medio de factores y parámetros de perforación de los equipos, generando la disminución de pérdidas prematuras de los aceros de perforación y elevando el rendimiento de cada acero de perforación.

### **1.5.2 Variables dependientes**

**Método de minado Bench And Fill.** Es un método de minado de gran volumen aplicado a cuerpos de mayor extensión de buzamiento casi vertical con geometría regular, con tipo de roca que posibilite la explotación del cuerpo mineralizado por medio de banqueo, realizados con equipos de carguío como el scooptram para el transporte material desbrozado y en la perforación como el equipo Simba.

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

PROCESO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
Variable	Definición conceptual	Dimensión	Subdimensión	Indicadores
V.I: Optimización del uso de los aceros de perforación	Es la reducción de los costos de perforación por medio de factores y parámetros de perforación de los equipos, generando la disminución de pérdidas prematuras de los aceros de perforación y elevando el rendimiento de cada acero de perforación., evaluando la caracterización geomecánica, el control de los aceros de perforación en toda la columna de perforación, el procedimiento adecuado para la perforación con el equipo y capacitando al personal para mejorar en los rendimientos por metro perforado.	Es la reducción de los costos de perforación por medio de factores y parámetros de perforación de los equipos, generando la disminución de pérdidas prematuras de los aceros de perforación y elevando el rendimiento de cada acero de perforación.	Evaluación de la caracterización geomecánica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso</li> <li>• Familias de discontinuidades</li> <li>• Parámetros de las discontinuidades</li> </ul>
			Evaluación del Procedimiento para la perforación con Simba.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores de perforación.</li> <li>• Parámetros de perforación.</li> </ul>
			Evaluación en el Control de los aceros de perforación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida útil</li> <li>• Desgaste diametral en mm</li> </ul>
			Evaluación y Capacitación al personal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horas efectivas de capacitación.</li> <li>• Metros perforados</li> <li>• PETS</li> </ul>
V.D: Método de minado Bench And Fill	Es un método de minado de gran volumen aplicado a cuerpos de mayor extensión de buzamiento casi vertical con geometría regular, con tipo de roca que posibilite la explotación del cuerpo mineralizado por medio de banqueo, realizados con equipos de carguío como el scooptram para el transporte material desbrozado y en la perforación como el equipo Simba, que realizan perforaciones de taladros con diámetros de 64 mm en taladros y rimados con 127 mm con longitudes de 8 metros hasta 30 metros. existen fabricantes como Epiroc y sandvik también entre otros equipos híbridos	Es un método de minado de gran volumen aplicado a cuerpos de mayor extensión de buzamiento casi vertical con geometría regular, con tipo de roca que posibilite la explotación del cuerpo mineralizado por medio de banqueo, realizados con equipos de carguío como el scooptram para el transporte material desbrozado y en la perforación como el equipo Simba.	Evaluación de equipo de perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones de las labores de extracción.</li> <li>• Tipo de equipos de perforación.</li> </ul>
			Evaluación geológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leyes equivalentes de mineral</li> <li>• Dilución de mineral.</li> </ul>
			Evaluación de costos de perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de mano de obra.</li> <li>• Costo de aceros de perforación.</li> <li>• Costos de equipo.</li> <li>• Costo de Herramientas y equipos de protección personal.</li> </ul>

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del Problema

El artículo científico titulado “Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina La Maruja, Colombia”, cuyo objetivo fue reducir los costos de perforación, tuvo como factores principales el burden y el espaciamiento evaluando el esfuerzo geológico (GSI), se utilizó como método de investigación experimental tomando datos de campo. La investigación conduce a demostrar la reducción de los costos de perforación optimizando la malla de perforación en un 30% evaluando la geomecánica (GSI) para rocas suaves lo que lleva a más espaciamiento y burden, el trabajo aporta al brindar una metodología de datos experimentales tomados en campo que ayudan a optimizar los costos de perforación y reducir costos, se utilizaran en el proyecto (2).

En la tesis titulada “Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45mm, rimadoras de 102mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la Empresa CONMICIV S.A.C EN CMH S.A”, se realizó en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Trujillo. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para el análisis de los rendimientos de los aceros de perforación y reducir costos alargando su vida útil (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- El rendimiento tuvo en cuenta factores y el parámetro en la perforación, estas variables influyen para prolongar a la vida útil de los aceros de perforación(3).
- La herramienta de control, un reporte para el consumo de brocas para hacer un seguimiento(3).
- El plan de capacitaciones en perforación y voladura mensual(3).

En la tesis titulada “Control de aceros de perforación, factores que influyen la vida útil, su relación con el paralelismo y profundidad en el proyecto de expansión K-115 JJC Contratistas Generales S.A. Sociedad Minera Cerro Verde” en la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, tuvo como objetivo del estudio el aportar una metodología de recolección de datos en campo para el análisis de la relación de paralelismo y la desviación de los taladros influye directamente en la voladura(4), además la metodología tiene las siguientes características (4):

- El paralelismo y la desviación de los taladros es directamente proporcional al resultado de la voladura(4).
- La fragmentación depende del diseño de malla teniendo en cuenta el tipo de roca(4).
- El control de aceros de perforación y su seguimiento serán la clave para la producción no pare(4).

En la tesis titulada “Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en Sublevel Stopping Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, Mina Casapalca-Unidad Americana.2016” sustentada en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Trujillo tuvo el objetivo del estudio el aportar una metodología experimental apropiada para el análisis de la desviación de los taladros de perforación con Simba H1254(5), además la metodología tiene las siguientes características (5):

- La prueba de la hipótesis de las medias en las variables de desviación de taladros se relaciona proporcionalmente a la variable estudiada longitud de perforación de taladro de producción(5).
- La desviación de taladros por medio de la longitud de perforación(5).
- Las longitudes de taladros de producción de 8 m y 12 m con desviaciones de 0.26m y 0.45m respectivamente permisible(5).

En la tesis titulada “Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación”, del programa de Doctorado en Minería fue una obra civil y del medio ambiente de la universidad de Oviedo. Su objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para el análisis respecto a la elección de la broca adecuada para la perforación con criterios de desgaste y factibilidad económica(6), además la metodología tiene las siguientes características(6):

- Interpretación de los datos geomecánico, materiales y equipos utilizados, muestras de ensayo(6).
- Diseño del trabajo de campo, realización del procedimiento de ensayo, medición de desgastes y corrección de errores en la toma de datos(6).



- Análisis de resultados metros perforados de avance ensayos el producto duración-velocidad(6).
- Resultados la optimización técnica-económica(6).

## 2.2 Descripción de la Unidad minera Carahuacra

### 2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A. se ubica en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín.

Tabla N. 1

*Ubicación y accesibilidad mina Carahuacra*

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo aproximado (h)
<b>Lima a la Oroya</b>	110	De la ciudad de Lima en línea recta por la carretera central hasta llegar ciudad de la Oroya.	Se tiene un viaje aproximadamente de cinco horas.
<b>La Oroya a mina Carahuacra</b>	18	De la ciudad de la Oroya por la carretera central, se halla un desvío cerca de la localidad de Pachachaca,	El tiempo de viaje es aproximadamente de 45 minutos, en llegar a la unidad productora Carahuacra.

La minera Carahuacra tiene una altitud de 4550 metros sobre el nivel del mar, Con las siguientes coordenadas geográficas:

- ✓ 76° 05' de longitud Oeste.
- ✓ 11° 43' de latitud Sur

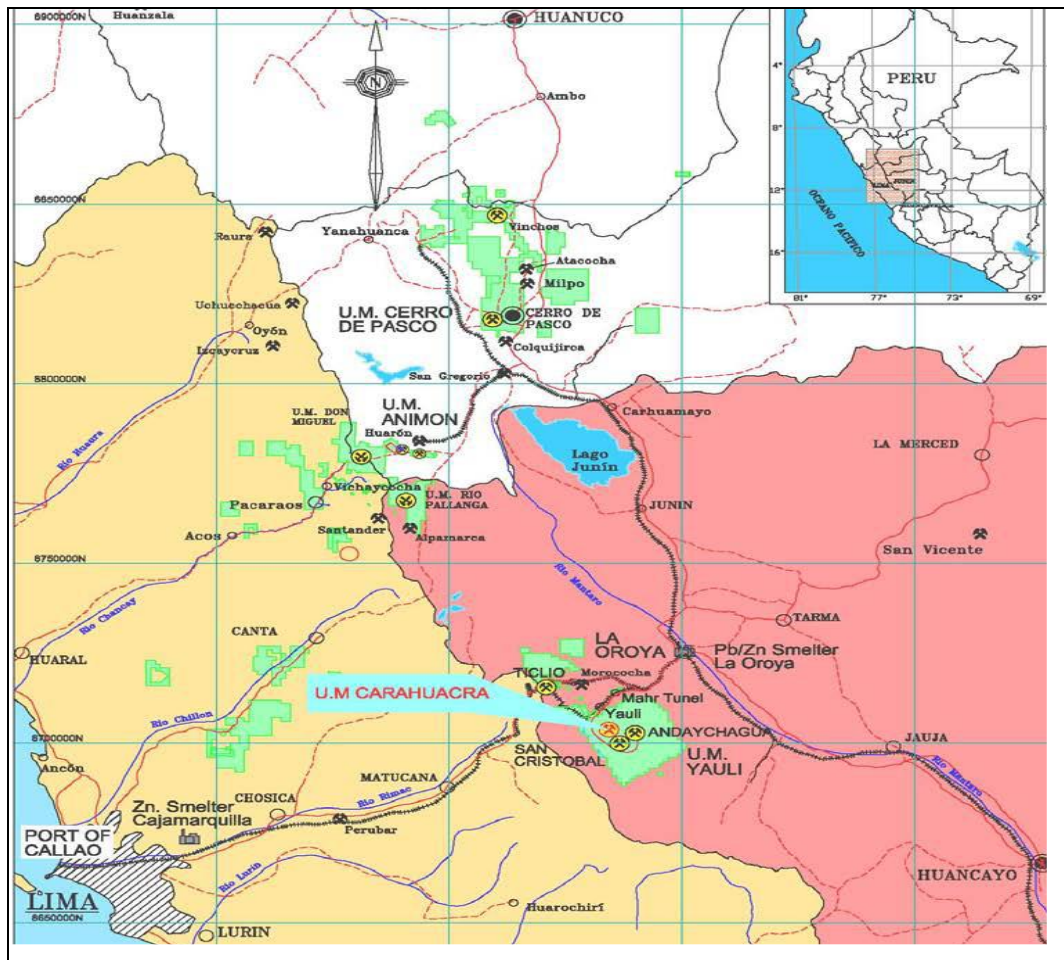


Figura N. 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad productora Carahuacra. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

## 2.2.2 Geología regional

“La Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A. está localizada en el flanco occidental del Anticlinal de Yauli que es una amplia estructura regional de naturaleza del tipo domo. El Complejo Domal de Yauli, que representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas” (7).

“El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excelsior y el superior por el grupo Mitú; el Excelsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte oeste del domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el Este; el Mitú aflora en la mayor parte del domo. El margen está constituido por las formaciones mesozoicas: grupo Pucará, grupo

Goyllarisquiza, grupo Machay y formación Jumasha. Cuerpos intrusivos y capas extrusivas testifican la actividad ígnea en la zona” (7).

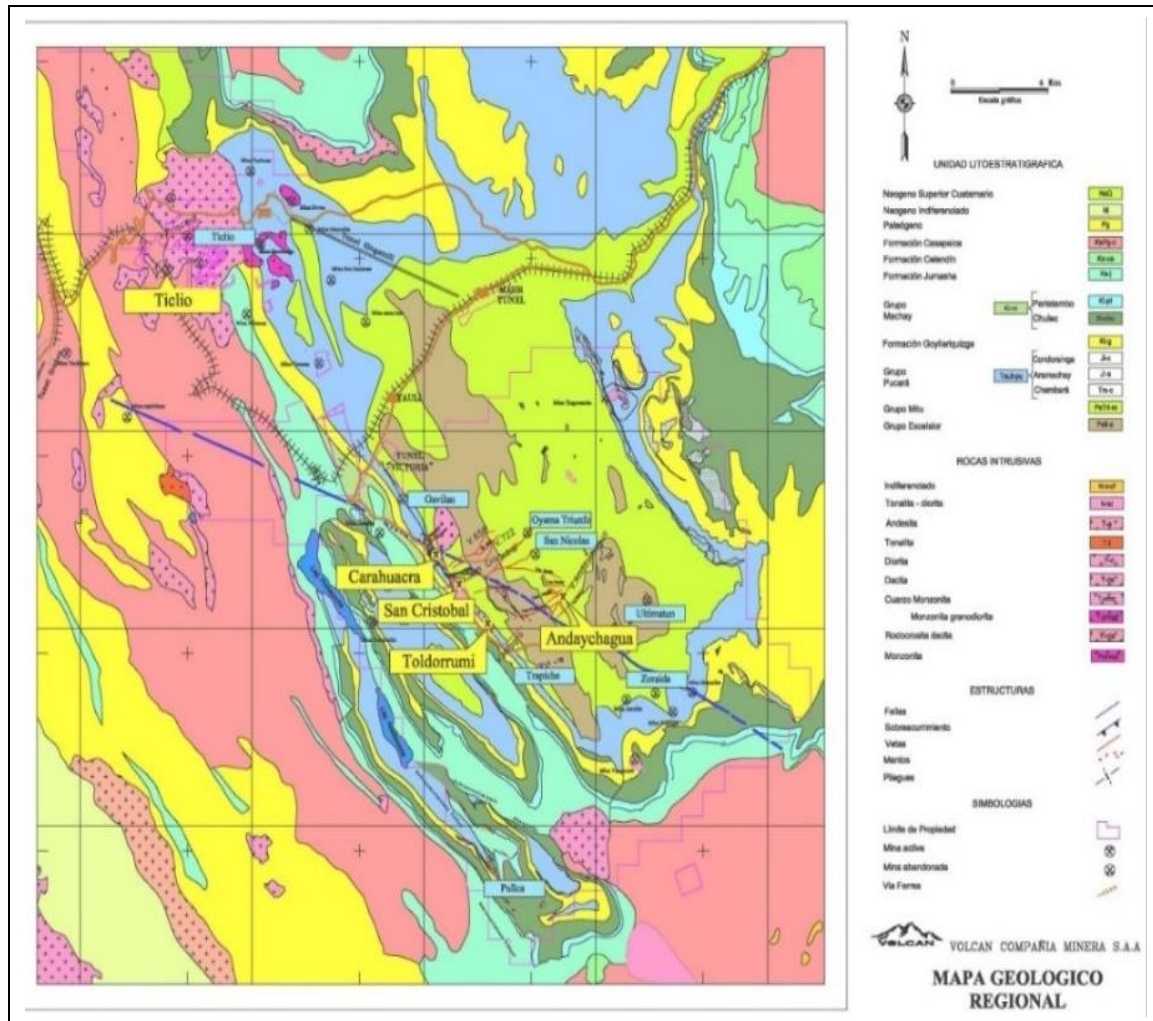


Figura N. 2. Plano de mapeo geológico de la unidad productora Carahuacra. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

### 2.2.3 Geología local

#### 1. Secuencia litológica

La secuencia litología de la Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A. tiene una extensión desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior.

ERA	SISTEMA	EPOCA	EDADES PISOS	UNIDAD LITOLOGICA	GRAFICO	FORMACION SEDIMENTARIA	FORMACION IGNEA	MINERALIZACION
CENOZOICO	CUATERNARIO					Sedimentos no consolidados		
	TERCIARIO			CAPAS ROJAS CASAPALCA		Disconformidad erosional Conglomerados calcareos Calizas Lutitas Calcareas Calizas arenosas arenosas	Intrusivos intermedios Cuadro-Dioritas Intrusivo Acido tipo Chumpe Granitos	
MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	COMANCHEADO	FORMACION JUMASHA		Disconformidad erosional Calizas masivas y Dol. poco fossilíferas Basalto	Cuellos de Basaltos a través de todas las Formaciones	Mineralización estratoligada de Fe, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu.
		NEOCOMICO		GRUPO MACHAY FORMACION FARIATAMBRO FORMACION CHULEC		Alternancia de Clz. Bit. con nodulos de chert Calizas y Dolomitas		
		(EOCRET.)		GRUPO GOYLLAR		Alternancia de Clz Margosas Fossil. Qzt Basalto Montero Areniscas Limolitas rojas	Diorita + Gabro	
	JURASICO	INFERIOR O EOCRETACEO (LIAS)	NEOCOMIANO TOARCIANO PLEIENSABACHIANO	FORMACION CONDORSINGA		Calizas gris claras, y dol blancas areniscas Basalto Montero Ba Calcareas Chert, Dol		Mineralización estratoligada de Fe, Ba, Zn, Pb, con sobreimpresión de Mineralización Hidrotermal forma de cuerpos y masas.
	TRIASICO	SUPERIOR O MESOTRIASICO	HETTANGIANO	FORMACION ARAMACHAY		Calizas con Yeso		
PALEOZOICO	PERMICO	ERTRIOSICO SUPERIOR	OCHOA	GRUPO MITU		Calizas y Dolomitas	Derrames de Dacita y Andesita	Mineralización estratoligada de Zn, Pb, Fe, Cu, Ba, Mn.
		MEDIO 889 y 846	GUADALUPE LEONARDO			Disconformidad erosional Lentes de areniscas y conglomerados rojizas	Intrusivo intermedio tipo Carhuacra Cuadro-Monzonitico	Mineralización Hidrotermal en Venas de W, Sn, V, Bi, Cu, Zn, Pb, Ag, Sb.
	DEVONICO	SUPERIOR	CHAUTAUQUAN	GRUPO EXCELSIOR		Disconformidad erosional Filitas	Volcanicos Volcanoclasticos morados	
		MEDIO	ERIAN (HAMILTON) ULSTER			Marmoles fossilíferos Cuarcitas	Volcanicos verdes	Mineralización estratoligada de Ni, Co Mineralización estratoligada de Cu, Zn, Pb, Fe

Figura N. 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad productora Carhuacra Tomado de "Informe de estudio de las reservas y recursos minerales", por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

✓ **Silúrico-devónico-grupo excelsior**

El grupo Excelsior está conformado por rocas muy antiguas que afloran en el área e integran al núcleo del anticlinal Chumpe, está formado por filitas con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles.

"En relación a la potencia, estableció una potencia de 1800 metros, en la secuencia de los alrededores de Tarma. Su mineralización se presenta en filones, H.W. Kobe, establece dos tipos de manto en la mina nombrado como ultimátum constituida por Fe, Zn,

Pb, Ag; y la otra estrictamente estrato ligada ubicada en el anticlinal, de Ni, Co, As (Sb), Fe, S." (8).

✓ **Pérmico-Grupo Mitú**

Encima de las rocas del grupo Excelsior existen una sucesión volcánica, formada por rocas andesíticos y dacíticos diseminados, brechas, aglomerado y tufos. Asimismo, la mineralización para este grupo se sitúa en el domo Yauli notablemente, en forma de filones y diseminadas.

"Presenta potencia irregular total en este grupo, al oeste de la unidad minera San Cristóbal la potencia de los volcánicos Catalina es aproximadamente 800 metros. La edad del Grupo Mitú fue considerada como del Carbonífero Superior y posteriormente asignada al Pérmico." (7).

✓ **Triásico Superior Liásico-Grupo Pucara**

Este grupo es una agrupación de facies calcáreas, se ubica en la discordancia encima del Grupo Mitú, este grupo se divide en tres formaciones: Chambará, Aramachay, y Condorsinga están relacionados con la mineralización económica del lugar.

**a. Formación Chambará (Triásico Superior)**

Está compuesta por calizas, dolomitas, calizas dolomíticas, separadas por capas calcáreo-arcillosas y tufos de pocos centímetros, las rocas calcáreas presentan un color gris claro a negro, con mayor porcentaje de materia orgánica.

**b. Formación Aramachay (Liásico: Hetangiano-Sinemuriano)**

Está compuesta por pizarras limosas, seguidamente de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas. Las calizas se presentan en bancos de 20 a 50 centímetros, frecuentemente lenticulares, o en nódulos discoidales de hasta un metro de diámetro, se nota también capas vulcano-detríticas.

**c. Formación Condorsinga (Liásico Toarciano)**

Se compone de oolíticas o bioclásticas en su mayoría, chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro, de grano fino a medio, son comunes. Las calizas varían de color gris claro a gris oscuro, son de grano fino, hay zonas donde están fuertemente brechadas.

✓ **Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior)**

"Sobre el grupo Pucará yace en discordancia paralela el grupo Goyllarisquizga, el cual se depositó en dos fases sucesivas. La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito

climático semiárido mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas. Durante la segunda fase hay un cambio brusco respecto a la primera, depositándose areniscas medianas hasta muy gruesas y niveles conglomeráticos con troncos de árboles actualmente silicificados, en un ambiente húmedo e importante actividad ígnea evidenciada por sills de basalto. En San Cristóbal, su potencia alcanza 100 metros. El grupo Goyllarisquizga ha sido atribuido al Cretácico Inferior-Valanginiano-Aptiano” (7).

✓ **Grupo Machay (Cretácico Medio)**

**a. Formación Chúlec**

“Esta formación es totalmente carbonatada, litológicamente está conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada. Toda la serie en su conjunto está intensamente bioturbada. En potencia varía desde 250 m justo al SO de Morococha a 350 m en Carahuacra. La base de la formación Chúlec está considerada como la base del primer horizonte calcáreo arriba de las areniscas cuarzosas del grupo Goyllarisquizga y data del Albiano medio” (7).

**b. Formación Pariatambo,**

“Esta formación es fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margo-caliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy pronunciado. Los niveles claros son mudstones con *packstones* calcáreo-dolomíticos algunas veces ligeramente siltosos. Los bancos oscuros son margas calcáreo-dolomíticas muy bituminosas. Toda esta formación depositada en una plataforma relativamente profunda y aislada contiene numerosos amonites poco fragmentados y restos de peces” (7).

“El tope está marcado por la aparición de sílex que se halla a veces en tal cantidad que llega a formar bancos decimétricos con dolomitas intercaladas. Las variaciones de espesor son pequeñas, entre 50 y 75 m; encontrándose los extremos en Morococha con 15 m y en San Cristóbal con 130 m, además en este último también se presenta una decena de metros de areniscas finas intercaladas en la parte medía de la formación. La fauna de esta formación es Albiana superior e incluye *Inoceramus* y *Exogyra*” (7).

**c. Formación Jumasha**

“Concordantemente sobre la formación Pariatambo se encuentra la formación Jumasha. Litológicamente es la más homogénea de las formaciones cretácicas expuestas en el Domo de Yauli. Consiste casi enteramente de una serie carbonatada dolomítica, masiva y poco fosilífera con escasos lentes de areniscas y sílex, depositada en una

plataforma ligeramente confinada y de poca profundidad. Los amonites encontrados pertenecen al Albiano superior-Turoniano” (7).

#### **2.2.4 Geología estructural**

##### **1. Plegamiento**

“La mina Carahuacra, se encuentra en el flanco occidental de la estructura regional dominante del domo de Yauli, que se extiende longitudinalmente en aproximadamente 35 kilómetros, desde San Cristóbal hasta Morococha, y transversalmente 10 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N 40° O. Es asimétrico, su flanco este buza entre 30° y 40° mientras su flanco oeste buza entre 60° y 80°; está conformado por varios anticlinales y sinclinales, de los cuales los anticlinales más importantes son el de Chumpe y el de Yauli (Ultimátum); sus ejes tienen un rumbo que varía entre N 35° y 40° O” (7).

“El anticlinal Chumpe está en el extremo oeste, su flanco occidental tiene un buzamiento de 55° al SO, mientras que el oriental buza 30° al NE; el núcleo de este anticlinal está formado por rocas del grupo Excelsior; el flanco occidental está compuesto por calizas Pucará y areniscas Goyllarisquizga; en el flanco oriental se extienden las rocas del grupo Mitu por varios kilómetros y sobre éstas las del grupo Pucará. Es considerado como el extremo suroeste del Domo de Yauli, donde la mayor acción del plegamiento ha tenido lugar” (7).

“Dos periodos principales de tectónica son reconocidos en la región; el primero del Pérmico inferior, denominado Tectónica Tardihercinica, que dio lugar a un intenso plegamiento de las filitas Excelsior; el segundo período denominado Tectónica Andina, que plegó principalmente las rocas mesozoicas, comenzó a fines del Cretácico y continuó durante el principio y mediados del Terciario, reconociéndose tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los Andes; el Peruano a fines del Cretácico, y antes de la deposición de las capas rojas; el Incaico a principios del Terciario, fue el más intenso y a él siguió un período de actividad ígnea; y finalmente el "Quechua" a mediados del Terciario” (7).

##### **2. Fracturamiento**

“El fracturamiento en el área de la mina Carahuacra, parece ser el resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas que dieron lugar a la formación del Domo de Yauli. Probablemente a fines del Cretácico, plegamiento Peruano fuerzas de compresión de dirección NE-SO comenzaron a formar el anticlinal Chumpe, a medida que las fuerzas de compresión aumentaban de intensidad durante el plegamiento Incaico, los estratos inferiores de caliza resbalaron sobre los volcánicos subyacentes” (7).

“Fuerzas tensionales al cesar momentáneamente las compresivas dieron lugar a la formación de fracturas longitudinales paralelas al eje del anticlinal Chumpe, las cuales fueron posteriormente rellenadas por los diques de alaskita que ocurren en el núcleo de dicho anticlinal, al seguir actuando las fuerzas de compresión dio lugar a la formación de fracturas de cizalla de rumbo E-O; la veta principal San Cristóbal y la veta Virginia al pasar a las filitas, veta Prosperidad.” (7).

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente como se muestra en el gráfico siguiente.

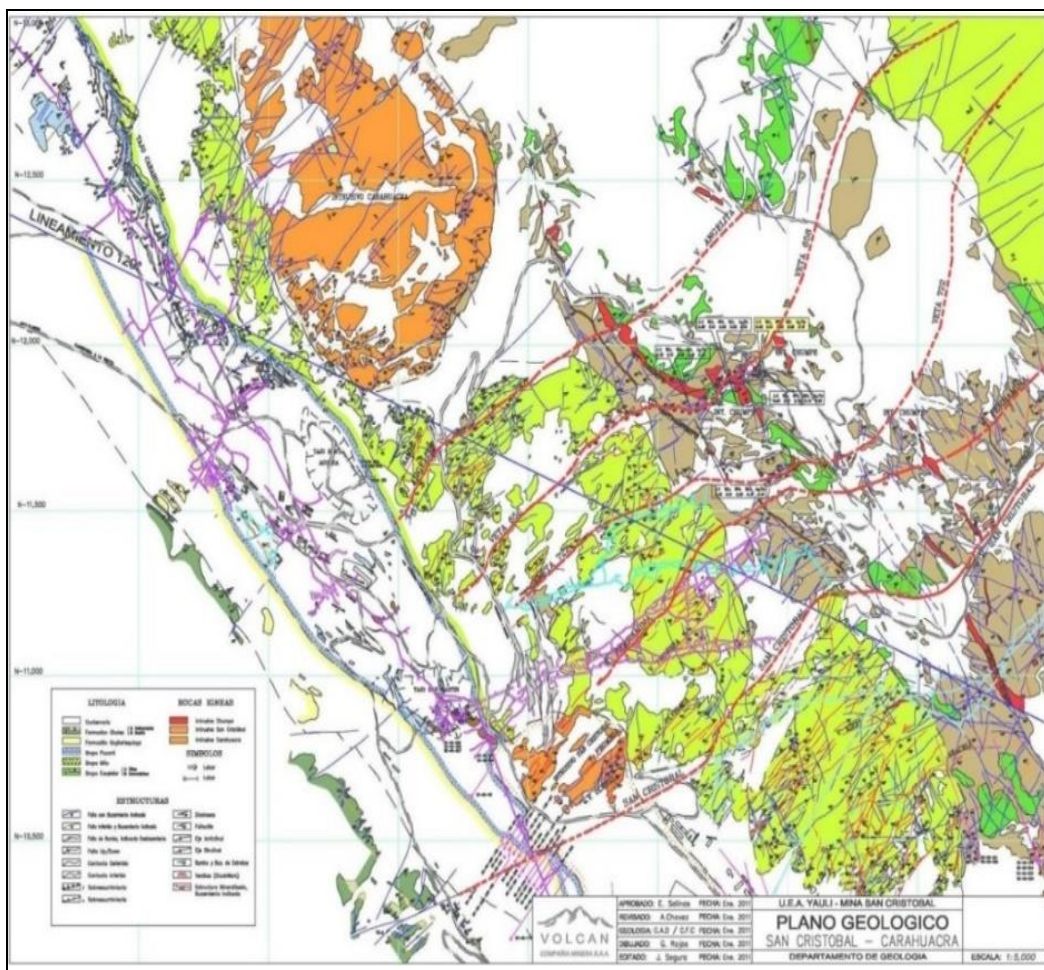


Figura N. 4. Plano geológico estructural de la unidad productora Carahuacra. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]



### **2.2.5 Geología económica**

“Después de la última etapa del plegamiento "Quechua" y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos; sin embargo, es necesario aclarar el origen de los mantos y cuerpos, fueron rellenados o reemplazados indistintamente por soluciones hidrotermales, a través de canales alimentadores (*feeders*). En los últimos estudios realizados el año 1999 por el Dr. Robert Moritz de la Universidad de Ginebra” (7).

#### **1. Vetas**

Las vetas o filones fueron formados primordialmente por relleno de fracturas, son mineralizadas las que se desarrollaron a lo largo de fracturas de tensión. Además, las fallas de cizalla contienen mucho panizo no están bien mineralizadas o pobremente mineralizadas. Se encuentran ubicados en todo el distrito minero de la unidad, en su gran mayoría se desarrolló en los volcánicos del grupo Mitu.

#### **2. Mantos**

Los mantos se ubican en el flanco oeste del anticlinal, en la localización de las calizas de Pucará. A partir del contacto con los volcánicos Mitu, se hallan simultáneamente con la estratificación.

#### **3. Cuerpos**

Similar a los mantos se ubican localizados en el flanco oeste del anticlinal, en la localización de las calizas de Pucará. Su formación es debido a la unión de varios mantos o en su intersección de una veta con un manto.

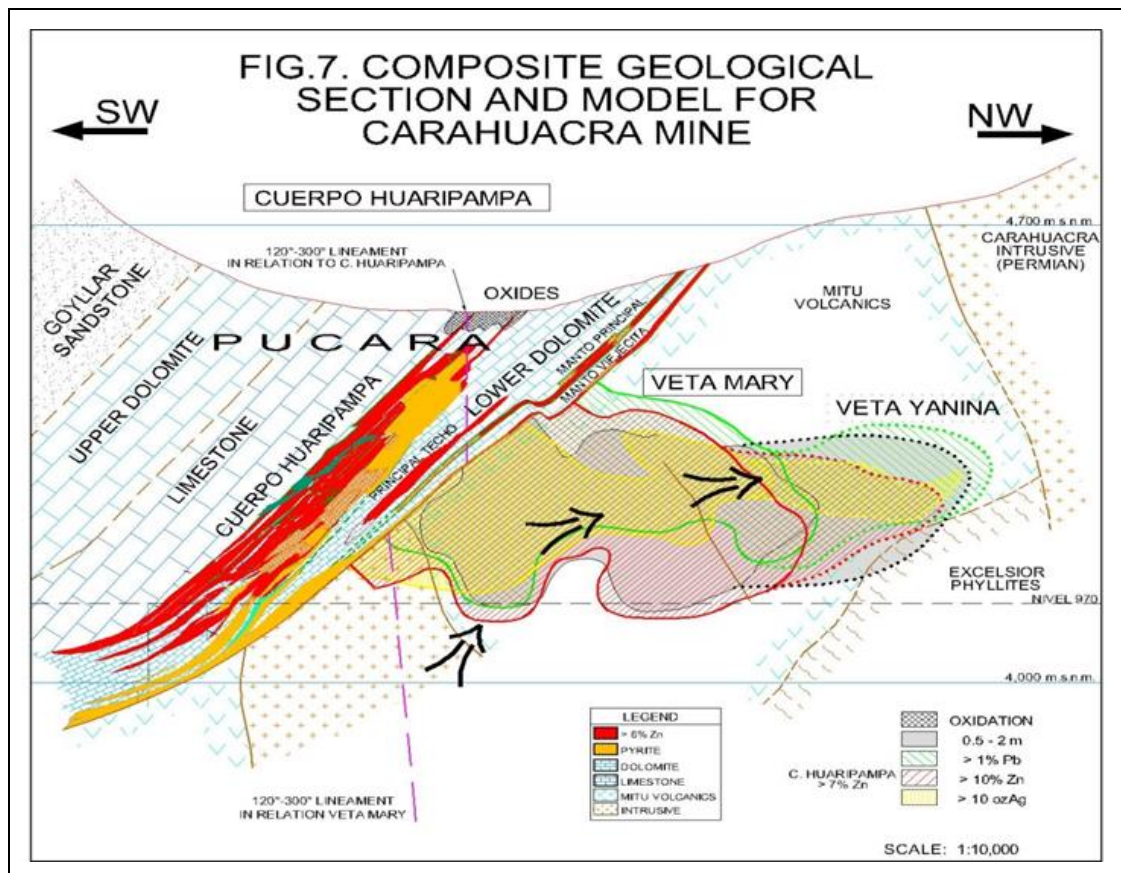


Figura N. 5. Plano de sección geológica compuesta de la unidad productora Carahuacra. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

#### 4. Sistema de vetas Carahuacra

“El sistema de vetas Carahuacra está conformado por las siguientes vetas: Mary, Ramal Mary, Yanina, M.L., Ruth, Carmen, Lourdes, Penélope, etc., las de mayor extensión son la veta Mary y M.L., las cuales han sido mineralizadas a lo largo de aproximadamente 600m y 500m, respectivamente” (7).

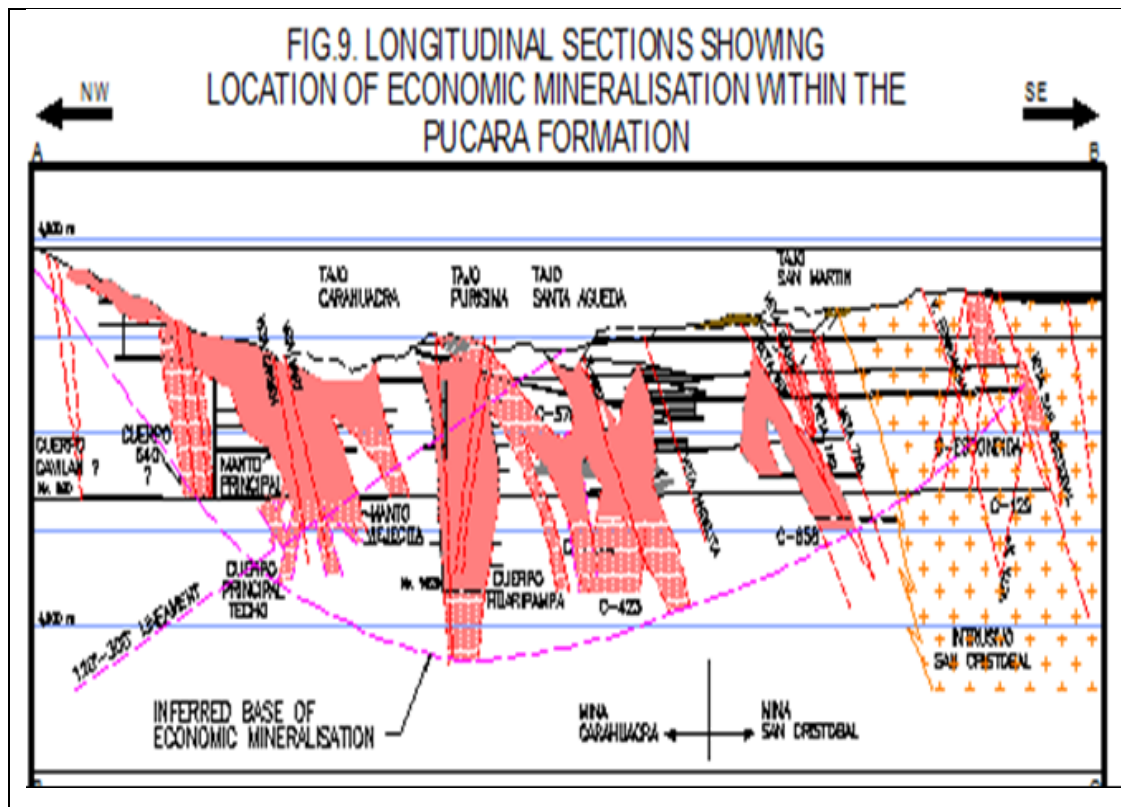


Figura N. 6. Modelo de mineralización de la veta unidad productora Carahuacra del domo de Yauli. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

“El ancho de vetas es variable en los diferentes tipos de rocas a lo largo de toda su extensión, las vetas tienen una potencia que varía desde unos cuantos centímetros hasta 8.00m, generalmente se presentan en tipo Rosario.” (8).



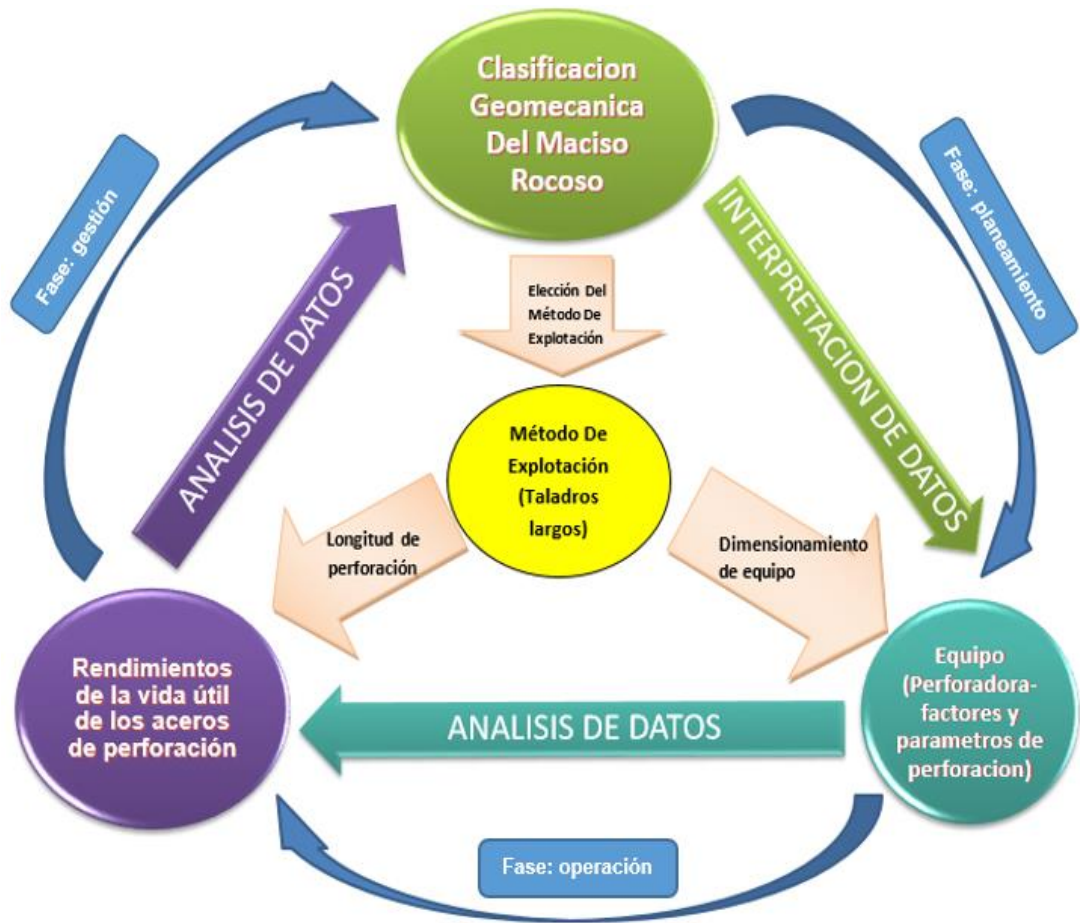


Figura N. 8. Proceso de interrelación la clasificación geomecánica, equipo y columna de perforación sobre la base del método de explotación. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

### 2.3.2 Caracterización de la masa rocosa unidad productora Carahuacra

#### A. Aspectos litológicos

En la siguiente figura se detalla la evaluación de la Veta Mary, Veta María Luisa y Cuerpo Huaripampa, en la Figura N. 9 se señalan las estructuras mineralizadas. Las características litológicas están asociadas estructuralmente, la Veta Mary está emplazada enteramente en roca volcánica de composición dacita a andesita.

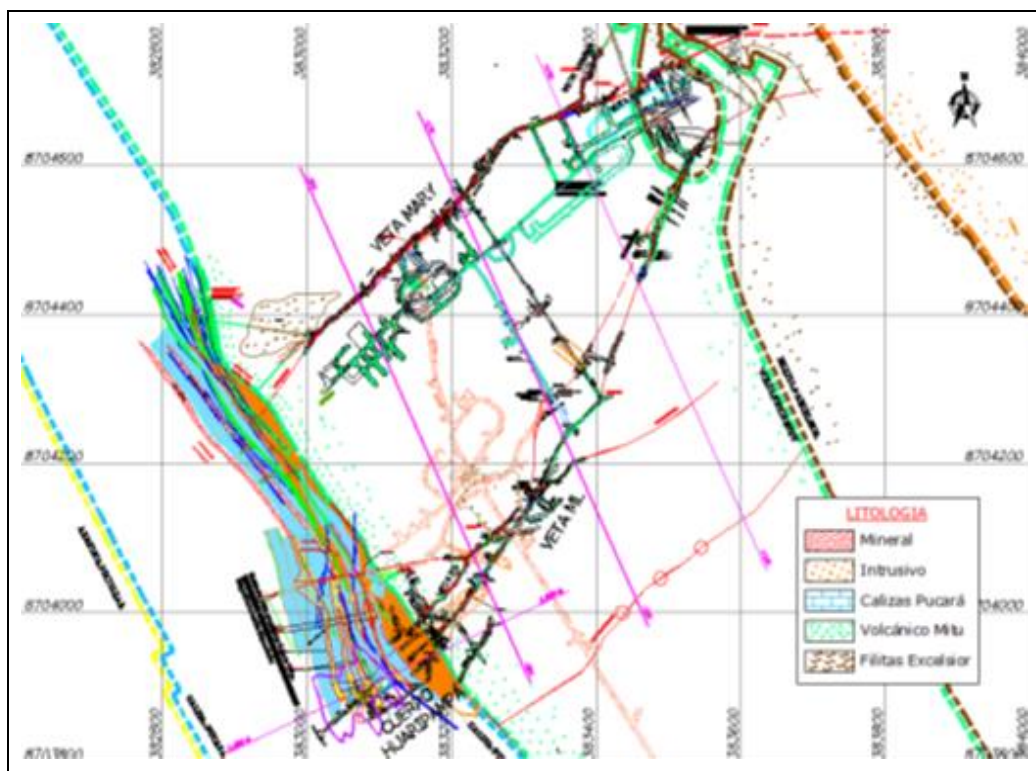


Figura N. 9. Plano geológico del Nivel 1020, mostrando los tres sectores mineralizados de la unidad productora Carahuacra. Tomado de “Informe de estudio de las reservas y recursos minerales”, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2014 [informe de la empresa]

La Veta María Luisa está emplazada en rocas volcánicas hacia el extremo oeste donde hay mayor extensión de la veta, y está emplazada en filitas en dirección al este de inferior longitud. Esta veta fue un nutriente para la formación de mantos y cuerpos, entre ellos el Cuerpo Huaripampa. Asimismo, el cuerpo Huaripampa se sitúa dentro de roca caliza del Grupo Pucará y la mineralización se halla en manto intercalados con horizontes de caliza dolomítica

## B. Distribución de discontinuidades

La repartición de los sistemas de discontinuidades tiene la misma inclinación estructural de tal modo en el mineral como en las cajas, con el estudio anterior se desarrolló un compósito de las estructuras para cada veta y cuerpo mineralizado.

Tabla N. 2

*Resumen de discontinuidades*

Ubicación	Descripción	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Veta Mary	Rumbo - Buzam.	N60°E- 73°SE	N63°E- 72°NW	N30°E- 55°SW
	Dir.Buz/Buzam	150°/73°	333°/72°	240°/55°
Veta Mari Luisa	Rumbo - Buzam.	N46°E- 65°SE	N56°E-75°SE	N13°W- 51°SW
	Dir.Buz/Buzam	136°/65°	326°/75°	257°/51°
Cuerpo Huaripampa	Rumbo - Buzam.	N42°E- 48°SW	N48°E- 82°NW	N25°E-65°NE
	Dir.Buz/Buzam	228°/48°	318°/82°	065°/65°

Nota: Resumen de discontinuidades de las vetas Mary, Mari Luisa y cuerpo Huaripampa. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014

A partir de este cuadro resumen observamos el orden estructural del macizo rocoso asociado a los tres sectores mineralizados:

Del cuadro anterior, en el caso de la Veta Mary, se detallan dos sistemas principales y un sistema secundario. El Sistema 1 cuenta con rumbo NE y buzamiento regular a alta hacia el SE, este sistema es paralelo a la estructura mineralizada. Además, el Sistema 2 tiene el mismo rumbo que el Sistema 1, pero es de buzamiento regular a alta y opuesto. Asimismo, el Sistema 3 es un sistema de rumbo perpendicular a los dos primeros y con buzamiento moderado al SW.

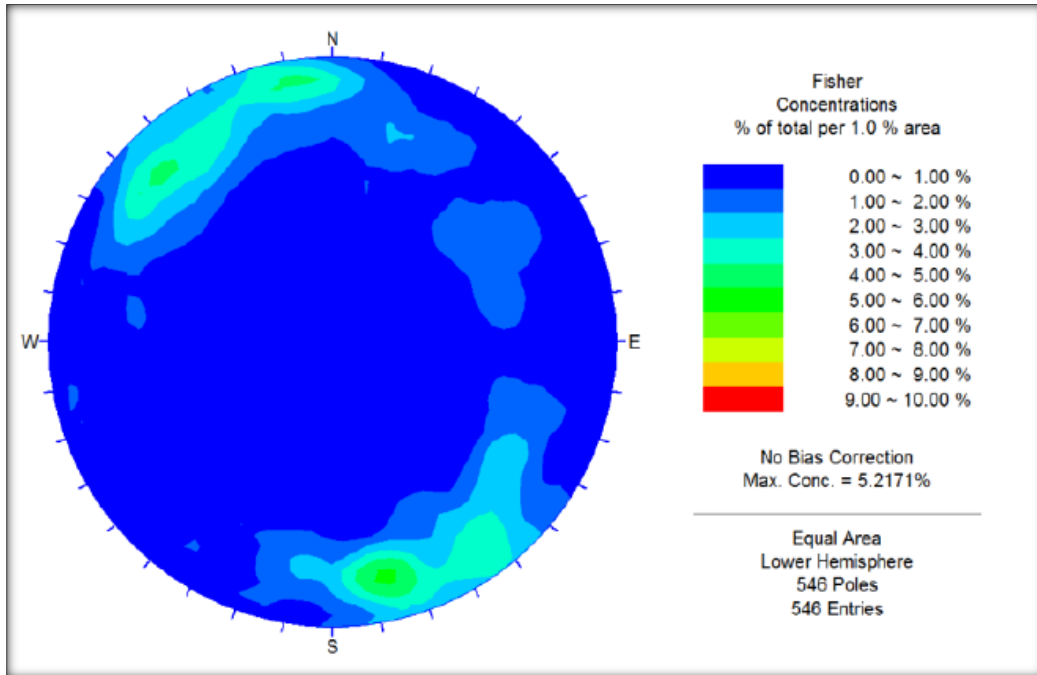


Figura N. 10. Diagrama estereográfico de contornos de discontinuidades Veta Mary de la unidad productora Carahuacra. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014

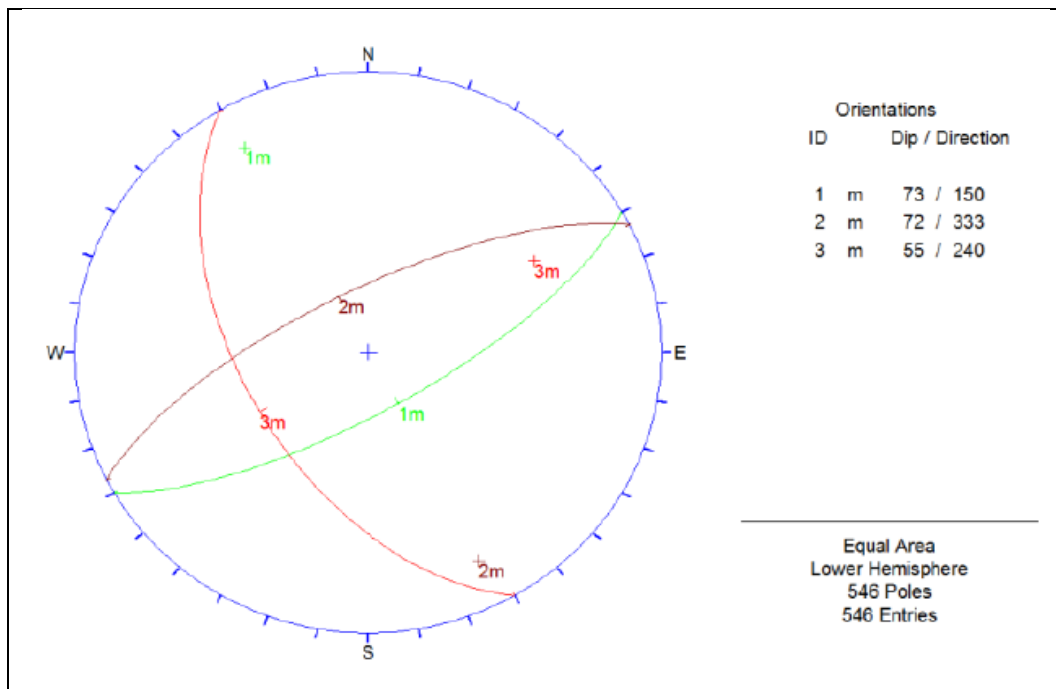


Figura N. 11. Diagrama estereográfico de planos principales del compuesto de discontinuidades de la unidad productora Carahuacra. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014



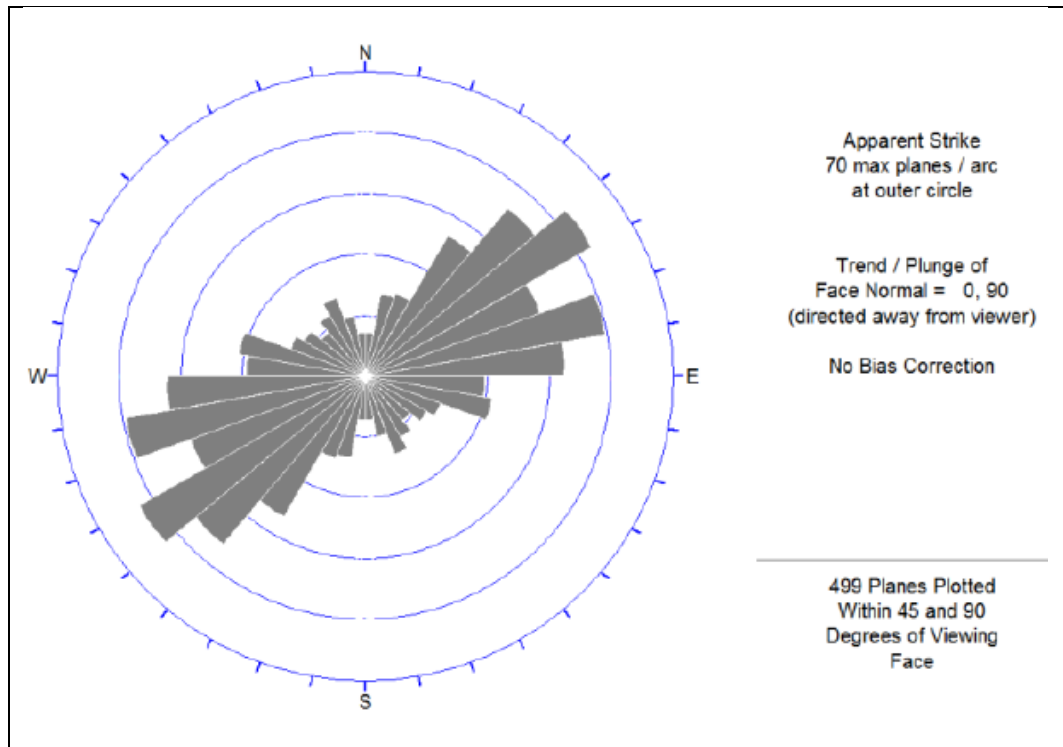


Figura N. 12. Diagrama de roseta del compuesto de discontinuidades de la unidad productora Carahuacra. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014

Cabe indicar que las Vetas Mary y ML son aproximadamente paralelas y tienden unirse hacia el NE, se hallan en un mismo sector de la mina, considerando además que ambas se hallan en roca volcánica, presentan arreglo estructural similar.

### 2.3.3 Clasificación de la masa rocosa de las vetas de la unidad productora Carahuacra

La clasificación geomecánica de la masa rocosa establecida por Bieniawski de 1989 (RMR-Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa) realizada en la unidad minera Carahuacra.

Los rangos de valores de calidad de la masa rocosa (expresado en RMR) en las cajas y en el mineral de los tres sectores mineralizados en evaluación son los siguientes:

Tabla N. 3

*Calidad de la masa rocosa por sectores*

Sector	Litología	Rango RMR	Calidad de la Masa Rocosa
Veta Mary			
Caja piso	Volcánico	33 - 57	IVA, IIIB y IIIA
Mineral	Volcánico	24 - 47	IVB, IVA y IIIB
Caja techo	Volcánico	32 - 58	IVA, IIIB y IIIA
Caja techo alejada	Volcánico	51 - 59	IIIA
Veta María Luisa			
Caja piso	Volcánico	39 – 64	IVA, IIIB, IIIA y II
Mineral	Volcánico	33 – 47	IVA y IIIB
Caja techo	Volcánico	51- 60	IIIA
Caja techo alejada	Volcánico	55 – 60	IIIA
Cuerpo Huaripampa			
Caja piso	Volcánico	27 – 29	IVB
Mineral	Volcánico	25 - 34	IVB y IVA
Caja techo	Volcánico	27 - 29	IVB

Nota: Calidad de la masa rocosa por sectores de las vetas Mary, Mari Luisa y cuerpo Huaripampa. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014

Del cuadro, se observa que la calidad de la masa rocosa en el mineral y las cajas inmediatas que son variables. Para los casos de las Vetas Mary y María Luisa, la calidad varía generalmente desde mala A (RMR 31-40) hasta calidad regular A (RMR 51-60), existe de manera localizada calidad inferior y superior. Además, las cajas alejadas son de mejor calidad y se presenta más homogénea con calidad regular A.

**1. Zonificación geomecánica de la masa rocosa**

La zonificación geomecánica del macizo rocoso se han considerado los aspectos litológicos, geoestructurales y de calidad de la masa rocosa. Asimismo, la zonificación geomecánica que está indicada en los planos geomecánica.

Tabla N. 4

*Resumen de la zonificación geomecánica*

Sector	Litología	Rango RMR	Calidad de la masa rocosa
Veta Mary			
Caja piso	Volcánico	35 y 44	IVA y IIIA
Mineral	Volcánico	35	IVA
Caja techo	Volcánico	35 y 47	IVA y IIIB
Caja techo alejada	Volcánico	56	IVA
Veta María Luisa			
Caja piso	Volcánico	45 – 55	IIIB y IIIA
Mineral	Volcánico	35	IVA
Caja techo	Volcánico	45 y 57	IIIB y IIIA
Caja techo alejada	Volcánico	58	IIIA

Nota: Resumen de la zonificación geomecánica por sectores de las vetas Mary, Mari Luisa y cuerpo Huaripampa. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014

En este cuadro se aprecia los valores promedio de la calidad del macizo rocoso en los diversos sectores mineralizados y la roca encajonante de su entorno. Con respecto a la Veta Mary se puede mencionar lo siguiente:

- Para la Veta Mary, se cuenta con un tramo mineralizado que presenta una calidad promedio en su dominio estructural DE-IVA (RMR 31–40).
- Para el caso en relación a las cajas piso y techo, se tiene tramos muy bien diferenciados hacia los cuales se hallan en los dominios DE-IVA (RMR 31–40) y DE-IIIB (RMR 41–50).
- Para el macizo rocoso de las cajas distanciadas se presenta buena calidad en un dominio DE-IIIA (RMR 51–60).

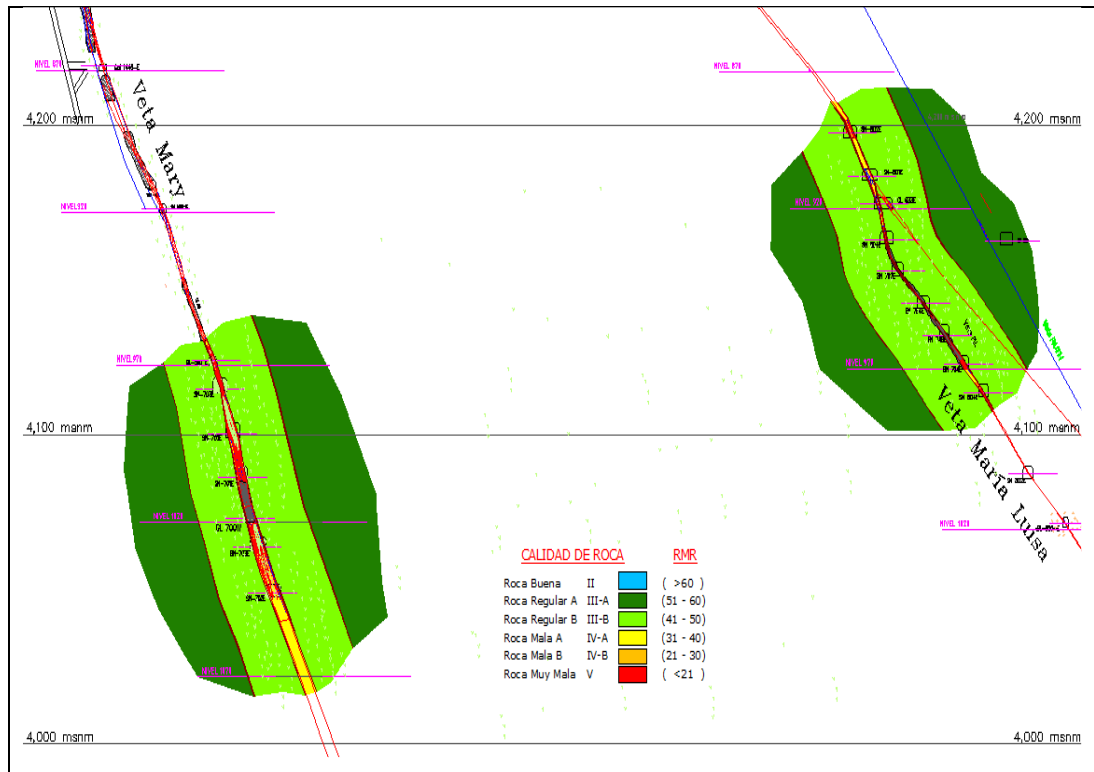


Figura N. 13. La zonificación geomecánica de la Sección -120 para la unidad productora Carahuacra. Tomado del Informe de Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de la Mina Carahuacra por DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, 2014.

## 2. Esfuerzos in situ

“Para la estimación de los esfuerzos in situ se han utilizado tres criterios: el primero, aplicando el concepto de carga litostática y el criterio para estimar la constante (k: relación esfuerzo horizontal/esfuerzo vertical); el segundo, utilizando la información de mediciones de esfuerzos in situ en minas aledañas; y el tercero utilizando la información del Mapa Mundial de Esfuerzos” (9)

En los estudios realizados, para la Veta Mary, el minado llegará hasta el nivel 1070, por lo que se obtiene la profundidad de 600 metros. Asimismo, en la Veta María Luisa el minado extenderá al nivel 1020 con un encampane de 550 metros. Además, en el Cuerpo Huaripampa el minado llegará al nivel 1070 y para este nivel la profundidad se tendrá 650 metros.

Hay una similitud en las profundidades de minado entre los tres sectores mineralizados y se podría establecer una profundidad en promedio de 600 metros en relación a las dos vetas y el cuerpo mineralizados. Para el primer criterio se tiene la profundidad

promedio, lo cual ayuda al cálculo los esfuerzos in situ, para esa profundidad promedio se tiene un esfuerzo vertical resulta 16.2 MPa, el valor de la constante “*k*” se estima en 0.5 por lo que el esfuerzo horizontal resultaría 8.1 MPa.

Para el segundo criterio, el lugar más cercano (menos de 10 km en línea recta) para tener una correlación de mediciones instrumentales de los esfuerzos in situ en la Mina Andaychagua, cuyas mediciones se realizaron a profundidades de 600 a 800 metros, utilizando la técnica del *overcoring* con celda triaxial CSIRO - HI.

A continuación, se detalla la data de estas mediciones, los esfuerzos del sitio de acuerdo a las mediciones, indican los valores de “*k*” de 1.1 para el componente de esfuerzo horizontal NS y 1.2 para el componente de esfuerzo horizontal EW, se puede concluir que los esfuerzos in situ horizontales son mayores por el mínimo en relación al esfuerzo in situ vertical. Luego, según este criterio, considerando que un buen estimado del esfuerzo in situ vertical es la carga litostática, este será igual a 16.2 MPa, y los esfuerzos in situ horizontales NS y EW resultan con valores de 17.8 y 19.4 MPa respectivamente.

Para el tercer criterio, en primer lugar, se revisó el Mapa Mundial de Esfuerzos constatando en la parte Sur del departamento de Junín los esfuerzos in situ horizontales son menores que el esfuerzo in situ vertical y en la parte norte de este departamento ocurre lo contrario. La Unidad minera Carahuacra tiene la ubicación en la parte central occidental del departamento de Junín, lo cual puede ocurrir una situación intermedia.

Por lo mencionado anteriormente, la correlación a los esfuerzos in situ es primordialmente coherente considerar la utilización de los valores de “*k*” como respuesta a los resultados de las mediciones realizadas en Mina Andaychagua para la estimación de los esfuerzos in situ en mina Carahuacra.

### **2.3.4 Consideraciones sobre las condiciones de estabilidad**

#### **1. Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones**

Las direcciones se pueden alienar al avance de las excavaciones con los equipos de perforación, para obtener mejores condiciones en la estabilidad de ellas. Para las condiciones muy favorables de la estabilidad en las excavaciones, se debe avanzar de forma perpendicular al sistema general de discontinuidades estructurales, de modo contrario, para condiciones desfavorables de la estabilidad se da, al avanzar la excavación en forma paralela al sistema general o principal de discontinuidades.

En la unidad minera Carahuacra se observan los principales sistemas de discontinuidades en las vetas Mary y María Luisa y en el cuerpo Huaripampa. Para las dos vetas su arreglo estructural es semejante siendo la dirección de los sistemas principales NE-

SW o de manera contraria, en ese sentido la dirección de preferencia de avance de las excavaciones tendría que ser perpendicular a este alineamiento.

EL término de orden técnico ligado a la operación y como al diseño de la unidad minera Carahuacra, la dirección de avance del minado de los tajeos se debe desarrollar paralelas a las vetas y al cuerpo mineralizado, lo cual es de suma importancia tener en cuenta durante la operación este aspecto por la estabilidad son muy favorables en las excavaciones.

Para las excavaciones nuevas que requieran elegir las direcciones de avance, se aconseja seguir las direcciones preferenciales mencionadas líneas arriba.

## **2. Estabilidad estructuralmente controlada**

“Las discontinuidades estructurales como fallas, diaclasas, estratos y otros, constituyen planos de debilidad, que, al interceptarse, podrían formar cuñas o bloques rocosos en el techo y/o paredes de la excavación, presentando libertad para descolgarse, rotar o deslizar. Por tanto, la estabilidad de las excavaciones rocosas estará condicionada por la presencia de estas cuñas o bloques, a esto es lo que se llama estabilidad estructuralmente controlada” (8).

A fin de evaluar la influencia del arreglo estructural de la masa rocosa de las vetas Mary y ML (María Luisa) sobre las condiciones de la estabilidad de las excavaciones que estarán asociadas al minado, se ha determinado realizar un análisis de estabilidad estructuralmente controlada, utilizando el programa de cómputo Unwedge (Rocscience), Distribución de discontinuidades y Resistencia de las discontinuidades. Además, se ha considerado una labor de avance de 4 a 5 m de ancho.

Para este caso las vetas evaluadas, se tiene un arreglo estructural de ambas vetas parecidas, igual como se muestra en la tabla N. 3 y en las figuras N. 9 y N. 10. Al margen de esto, se ha considerado evaluar la estabilidad del macizo rocoso en cada sector considerando de su propio arreglo estructural. En función a los resultados de estos análisis son similares y han indicado lo siguiente:

- En las labores de avance, la dirección favorable debe ser paralela a la estructura mineralizada, el arreglo estructural del macizo rocoso tiene implicancia en la formación de cuñas tanto en la caja techo y los hastiales de las excavaciones. Además, la formación de cuñas en el techo es de mayor tamaño y mayormente inestable. También, la formación de cuñas de los hastiales es de menor tamaño y son de muy estables.
- Para estabilizar las cuñas del techo se puede manejar mediante el sostenimiento sistemático con el perno de roca o *shotcrete* como también de ambos más malla

electro soldada, según la tabla N. 3 y N. 4 la roca de calidad Regular A, para este tipo de roca solo se requiere sostenimiento esporádico, pero por condiciones de seguridad el sostenimiento debe ser igual a lo mencionado más arriba.

- En la excavación con dirección perpendicular a la estructura mineralizada, al ser la dirección preferencial de avance para las excavaciones, se tiene también la formación de cuñas en el techo como en los hastiales. En el techo las cuñas son de menor tamaño, pero mayormente inestables, en cambio, en los hastiales se observan inestables. Para el techo las cuñas se estabilizan con desatado del macizo rocoso o utilizando sostenimiento esporádico con pernos de roca, malla electro soldada y shotcrete.
- En función a las aberturas máximas en las excavaciones como en el sostenimiento deben ser tomados en cuenta lo señalado anteriormente, también es importante señalar los resultados también se aplican para los tajeos, en el que se visualizaran cuñas de gran tamaño mayormente inestables sobre todo en la caja techo. Por seguridad también se debe tener presente siempre por el método de minado utilizado, los tajeos son restringidos al ingreso de personal, por lo cual la estabilidad de los tajeos estará en función de la velocidad de minado.
- Las operaciones unitarias de perforación y voladura tienen un rol primordial en la realización de diseños y ejecución con precisión en el campo, la perforación debe realizarse con parámetros y factores técnicos recomendables y con la ayuda de la geomecánica, ello ayudara a la voladura como también a controlarla que ayudaran a la estabilidad adecuada de la caja techo de los tajeos y evitar a la desestabilización del macizo rocoso minimizando la dilución.

### **3. Estabilidad controlada por los esfuerzos**

Para el mejor análisis de la estabilidad controlada por los esfuerzos, se han realizado el modelamiento numérico esfuerzo/deformación utilizando el *software* PHASE2 Versión 7.013 de Rocscience Inc. (2010), cuyos resultados se presentan a en el análisis geomecánico para el método de minado Bench And Fill en la Veta Mary-Tajeo120.

Los modelamientos siempre han estado dirigidos a determinar las condiciones de la estabilidad local como global de las excavaciones que están relacionadas al método de minado bench and fill (taladros largos). Por lo cual se consideró determinar las dimensiones actuales para este método de minado con otras opciones de dimensiones. Para el caso de

cada veta a evaluar se visualiza que el aspecto condicionante para la estabilidad es el buzamiento de la veta, por ser variable en las vetas.

En el caso de la Veta Mary, el buzamiento tiene una variación de 58° a 64° y en el caso de la Veta María Luisa el buzamiento va desde 52° hasta 64°. Con estos aspectos citados, se ha creído conveniente realizar varios modelos con los tres buzamientos distintos y calidades de masa rocosa Mala A (RMR 31-40) y Regular B (RMR 41-50). Los resultados de los modelamientos numéricos realizados, considerando además el método de minado Bench and Fill (B&F).

#### ✓ **Veta Mary**

En el caso de la Veta Mary, se ha desarrollado la evaluación para ambas calidades de masa rocosa de la caja techo y buzamientos de veta de 58° y 64°. Estableciendo un ancho de tajeo de 5 metros y tomando como opciones de alturas de banco de 8, 10, 12 y 15 metros, de los cuales se obtuvieron como resultado tajeos de alturas verticales de 16, 18, 20 y 23 metros respectivamente, como se observa se tiene distintos resultados de las cuales se escoge la mejor alternativa de dimensión para mejores condiciones de estabilidad.

En el caso de cajas con masa rocosa de calidad Mala A (IVA), cuando el buzamiento de la veta es mayor, las condiciones de estabilidad de los tajeos son mejores. En este caso se tienen dos buzamientos y a partir de ellos se observa que para tajeos de 18 m de altura (es decir 10 m de banco) las condiciones de estabilidad son mejores que las otras opciones. Si se adoptara un banco de 8 m de altura, la estabilidad del banco es menos favorable respecto a un banco de mayor altura, pero tener mayor altura de banco conlleva a tener mayor altura de tajeos lo cual genera mayor inestabilidad en la caja techo.

Para las cajas donde la masa rocosa es de calidad regular B (IIIB), la alteración de las mismas es menor y en el caso de masa rocosa de calidad Mala A, también es la misma alteración. Para el caso de la Veta Mary, la zonificación señala que se van a encontrar estos tipos de roca en las cajas, pero se visualiza mayormente presencia de masa rocosa de calidad Regular B.

### **2.3.5 Elección del método de minado Bench and Fill mina Carahuacra-Veta Mary**

La selección de método de minado se evaluó con el método de minado de acuerdo al *ranking* numérico establecido por Nicholas 1981. En el anexo 2 se muestra a detalle la evaluación para la elección del método de minado y en el anexo 3 se presenta la puntuación del *ranking* para la selección del método de minado (Nicholas 1981).



En la siguiente tabla se muestra el resumen de puntuación asignada según el método de explotación.

Tabla N. 5

*Métodos de minado recomendados*

ORDEN	Método de explotación	Geometría y Distribución de Leyes	Características Geomecánicas del macizo rocoso				Total
		Leyes	Minera I	Techo	Piso	Sub Total	
1	Cut & Fill Stoping	20	5	8	6	19	39
2	Bench And Fill	14	8	7	1	16	30

En la tabla se muestra el resumen de la mayor puntuación para la elección del método de explotación, entre los métodos de minado de Cut & Fill Stoping y Bench And Fill.

### 1. El análisis del *benchmarking* de los dos métodos de minado predominantes.

El análisis del *benchmarking* viene ser una práctica novedosa gracias a la ayuda de las tecnologías de la información para hacer más eficiente las comparaciones e intercambio de experiencias, conocimientos y ciertamente para difundir e internacionalizar el proceso. Esta herramienta de trabajo ayuda a realizar una comparación en tiempo real de los procesos del negocio minero desde cualquier lugar gracias a la globalización por medio del internet.

Actualmente, todos los procesos del negocio minero influyen en el valor de la empresa, a que denominamos también como *shareholder's value*. Los beneficios de realizar el *benchmarking* en el negocio minero ayudan a lo siguiente:

- Reducción de costos en cada proceso operacional.
- Mejora de eficiencias, gracias a la comparación de unidades mineras aledañas se puede mejorar cada proceso.
- Mejora de calidad y condiciones de trabajo, los métodos utilizados en una unidad minera ayudan a mejorar las condiciones de trabajo respecto a la seguridad.

- Mejora de rentabilidad, se refleja en la reducción del costo de venta y en la utilidad operativa del negocio minero.
- Control de riesgos, tras la comparación de las distintas unidades mineras, además nos ayudan a tomar la mejor decisión operacional, minimizando el riesgo.

En el anexo 4 se muestra, el *benchmarking* de los dos métodos de minado elegidos según la elección del método de minado por Nicholas respecto al Cut & Fill Stopping y Bench And Fill.

## 2. Análisis en la elección del método de explotación de la unidad minera Carahuacra-Veta Mary

En el análisis de la selección de método de minado por Nicholas lideran dos métodos de explotación: corte y relleno, y Bench And Fill. Para definir entre esos dos métodos se tuvo que analizar el *trade off* de ambos, en el anexo 5 se muestra el *trade off* de los dos métodos de minado mencionados.

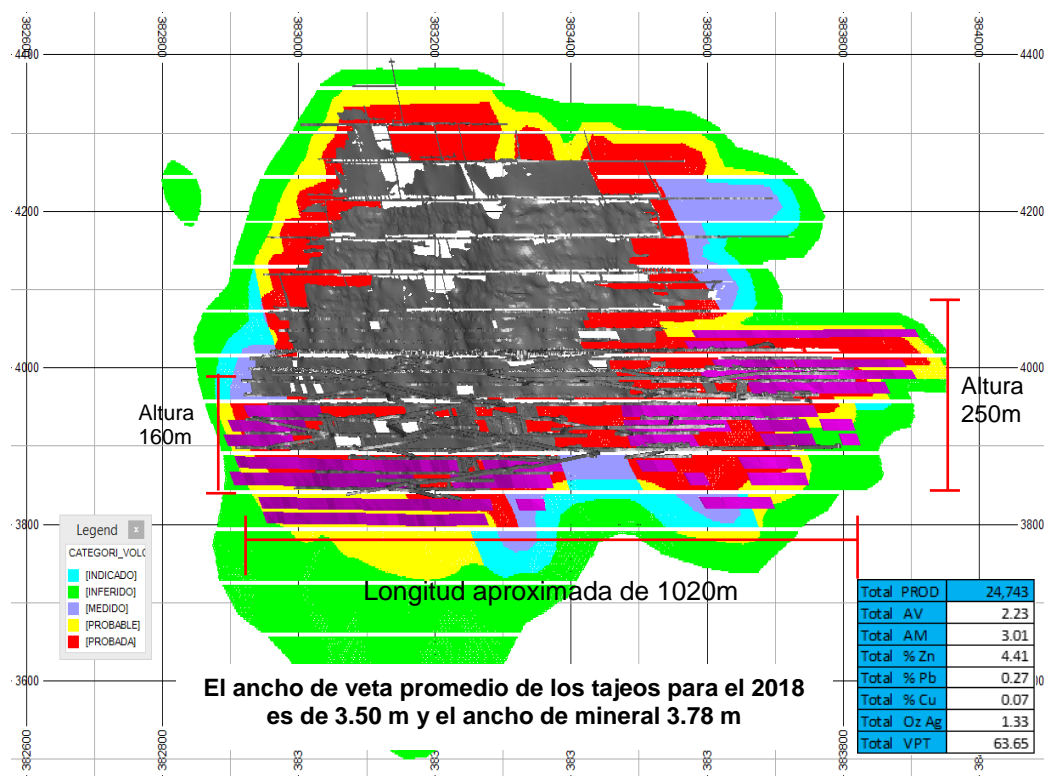


Figura N. 14. Reservas, recursos, el ancho de veta, leyes minerales y valor por tonelada

Los resultados del *trade off* realizado y sobre la base del margen económico hallado, US\$ 77.90/t para Cut and Fill y US\$ 83.83/t para el Bench and Fill.

En el ciclo de minado por el método de minado Bench and Fill el mineral a extraer con valor económico, se realiza en un proceso cíclico de minado: perforación, voladura, limpieza, transporte, relleno.

### **3. Ciclo de minado Bench and Fill**

El ciclo de minado considera la perforación, la cual deberá realizarse previa la explotación del tajeo, para lo cual los Simbas deberán acumular taladros en toda el ala a explotarse, una vez culminada la perforación, se procederá con la voladura (disparo), iniciando por el slot (cara libre), el cual se realiza en el extremo del tajeo pegado al acceso de relleno, y luego con los taladros de producción, cada disparo será de 3 secciones como mínimo.

La limpieza se realizará con Scoop de 6 Yd<sup>3</sup> por el nivel inferior y será realizada con telemando en el momento que ingrese a limpiar, y relleno (detrítico) en forma sistemática después de cada disparo, en el anexo 6 se muestra el ciclo minado de Bench And Fill.

#### **A. Perforation Bench and Fill**

La perforación se realiza en sentido vertical con Simba con brocas de 64 mm los taladros de producción y brocas de 127 mm. Los escariados, distribuidos en secciones paralelas a la cara libre, las cuales son previamente diseñadas y marcadas en la labor.

#### **B. Voladura Bench and Fill**

Para la voladura se utiliza emulsiones encartuchadas de 3000 de 1 ½, las cuales son cargados por la parte superior, cada taladro es desacoplado con carga inerte, para distribuir mejor la carga; el factor de potencia es de 0.22 Kg/ TM. Para iniciar los taladros se utilizan iniciadores no eléctricos de periodo largo, que están amarrados con pentacord 3P según el diseño de la secuencia de salida hacia la cara libre.

#### **C. Carguío y acarreo**

Carguío y acarreo en el método de minado Bench and Fil. Se realizará con el equipo scooptram de 6 Yd<sup>3</sup> a control remoto, para no exponer al operador en el momento de ubicarse debajo de la abertura, que tiene en promedio 19 metros de altura.

### 2.3.6 Análisis geomecánica para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary-Tajeo 120 E-W

El comportamiento que ofrecerá el macizo rocoso como respuesta a las aberturas ocasionadas para el minado Bench And Fill con taladros largos debe ofrecer un factor de seguridad mínima (FS=1), valor aceptable para labores temporales.

#### 1. Condiciones estructurales del Tajeo 120:

✓ El Tajeo 120E –W NV 1120, a 600 metros en vertical con respecto a la superficie, Está ubicada entre las siguientes labores: GL\_ 720(P-0), SN\_ 721(P-1), SN\_722 (P2), SN\_703 (P3) y superior a esta se tiene un puente de seguridad de seis metros. Las alturas de bancos están dimensionadas a quince metros entre cada subnivel.

En la siguiente figura del plano geomecánica de la Veta Mary, Nivel\_1120 de la GL\_720 E, se muestra tipo de sostenimiento según el tipo de roca evaluado con el GSI modificado y clasificación geomecánica Bieniawski.

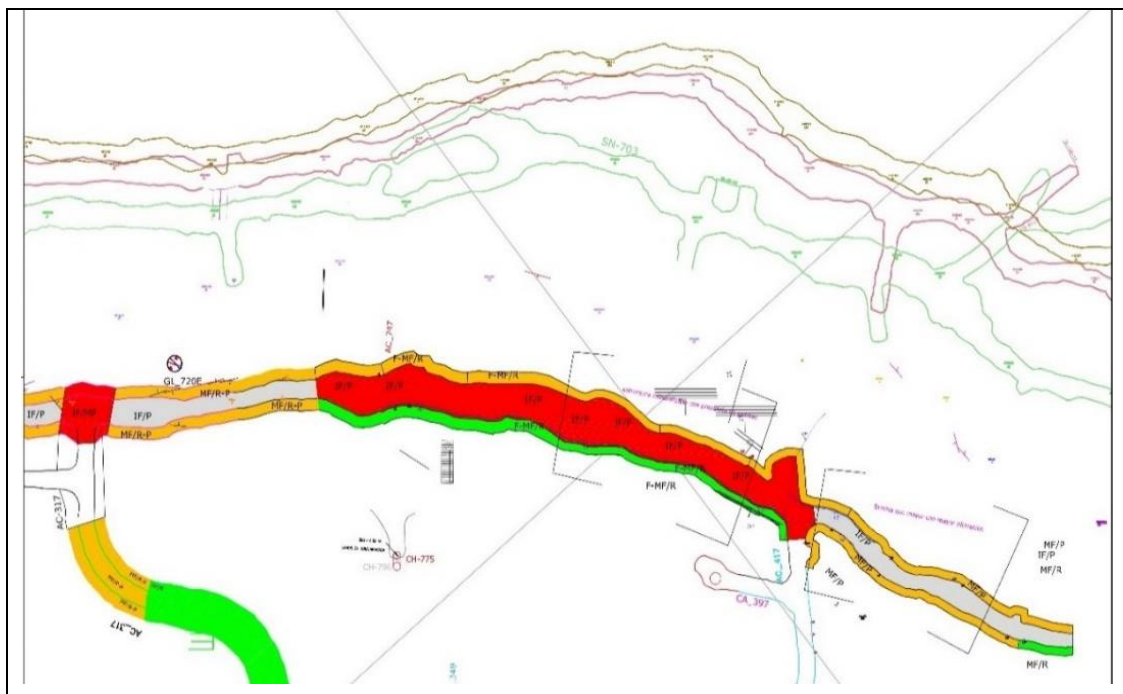


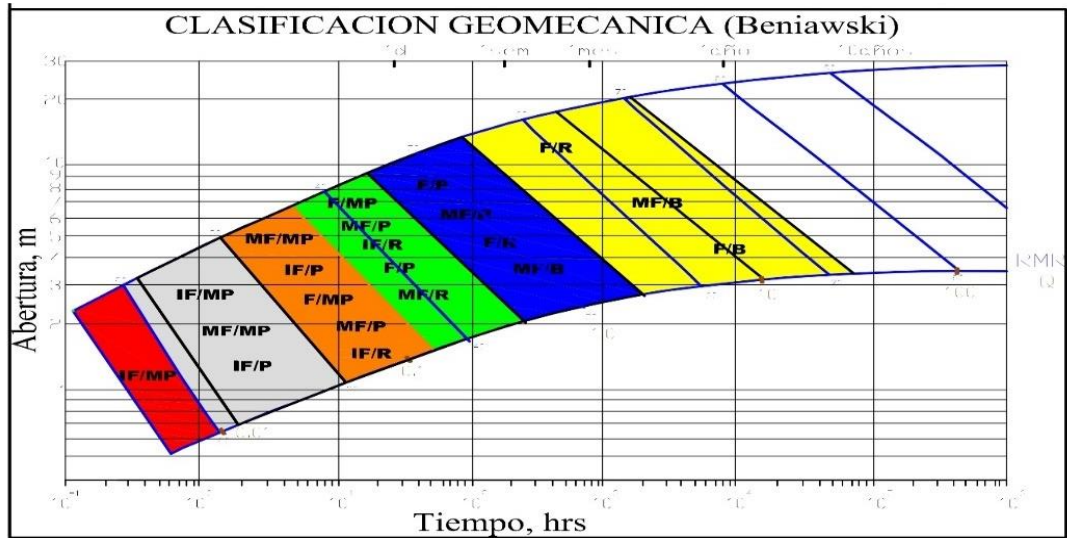
Figura N. 15. Plano Geomecánica de la Veta Mary, Nivel\_1120 de la GL\_720 E-W.

En el siguiente cuadro se muestra tipo de sostenimiento según el tipo de roca evaluado con el GSI modificado y clasificación geomecánica Bieniawski (10), para la

evaluación de la galería 720 E-W.

Tabla N. 6

*Clasificación geomecánica beniawski*



Nota: Clasificación Geomecánica Beniawski. Tomado del “Sustento técnico de la tabla geomecánica Minera Volcan Compañía S.A.A” por Área de Geomecánica de La Unidad Productora Carahuacra, 2014.

Tabla N. 7

*GSI Modificado y Clasificación Geomecánica Beniawski*

TIPO DE SOSTENIMIENTO	TIPO DE ROCA		LMA (m)
	GSI	RMR	
 Perno Hydrabolt a esp 1.7x1.7	MF/R	50	6
 P. Split Set sistemático a 1.5 x 1.5 mts.	MF/R-B	50-55	6
 Malla Electrosoldada + P/Split Set	MF-IF/R	40	4
 Shotcrete 2" + P. Hydrabolt	IF/R-P	30-35	3

Nota: GSI Modificado y clasificación geomecánica Beniawski. Tomado del “Sustento técnico de la tabla geomecánica Minera Volcan Compañía S.A.A” por Área de Geomecánica de La Unidad Productora Carahuacra, 2014.

En el cuadro se muestra la clasificación geomecánica de Bieniawski y el GSI modificado el sostenimiento implementado en estos subniveles son shotcrete 2" +pernos *split set* 7 pies, a espaciamiento de 1.7x1.7m (sostenimiento a 80%), y en tramos donde la estructura mineralizada presenta geodas con bloques separados, con presencia de agua y alteración el sostenimiento aplicado es SH2" con malla y pernos Split set 7 pies.

En cuanto a la condición estructural la veta Mary (TJ 120), está controlada por dos fallas paralelas a la estructura mineralizada (caja techo y caja piso), también está conformada por tres familias de discontinuidades dos de las cuales están casi paralelas a la estructura mineralizada, y la tercera tiene una orientación casi transversal a la estructura mineralizada, esta última genera bloques por ser transversal a las dos primeras familias.

Tabla N. 8

*Sistema de discontinuidades Veta Mary E – W – Volcánico*

DESCRIPCIÓN	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
Rumbo - Buzamiento	N60°E-73°SE	N63°E-2°SW	N30°W-55°SW
Dir.Buz/Buz	150°/73°	333°/72°	240°/55°

Nota: Sistema de discontinuidades Veta Mary E-W-Volcánico. Tomado del "Sustento técnico de la tabla geomecánica Minera Volcan Compañía S.A.A" por Área de Geomecánica de La Unidad Productora Carahuacra, 2014.

#### **A. Características del macizo rocoso**

En las siguientes figuras se realizó la zonificación geomecánica del tajeo 120E-W, caja techo, caja piso y estructura mineralizada, de acuerdo a la clasificación geomecánica del RMR de Bieniawski, del 1989.



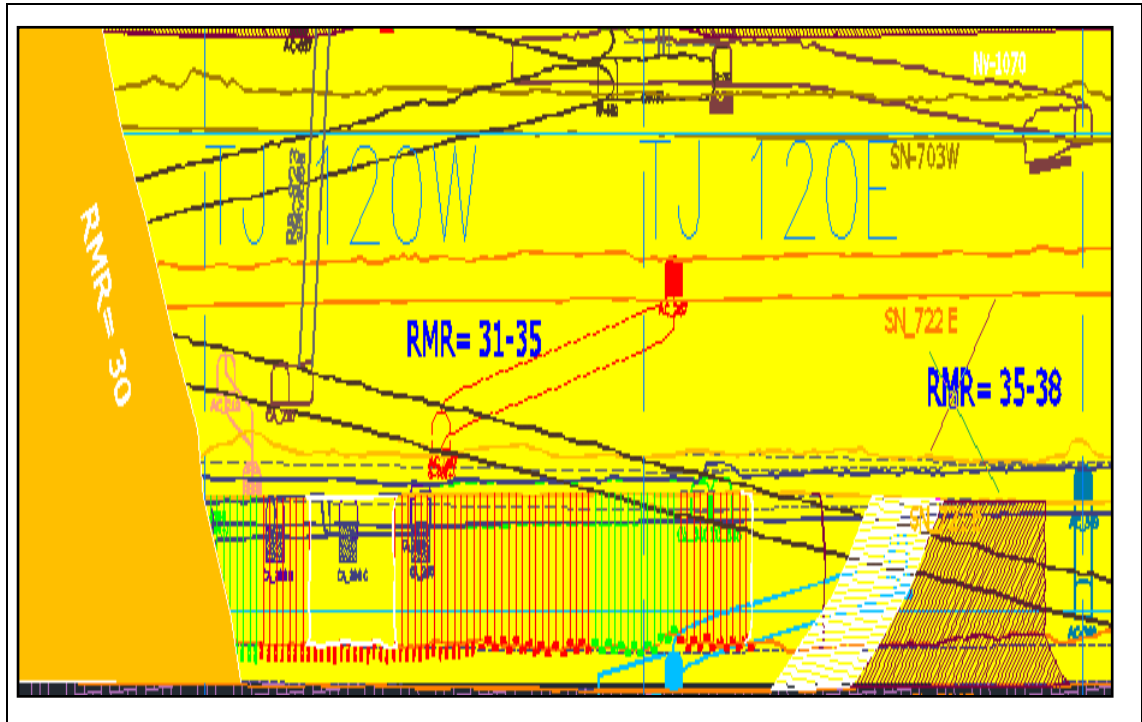


Figura N. 18. Zonificación geomecánica de la estructura mineralizada TJ\_120E-W

En las figuras anteriores se detallan la zonificación geomecánica para la caja techo, caja piso y estructura mineraliza del TJ\_120 E-W

Tabla N. 9

*Clasificación geomecánica del RMR*

Zonas - Estructura	Litología	Tipo De Macizo Rocoso	Rango RMR	Calidad Según RMR
Caja Techo	Dacita	IIIB	40-45	Regular A
Caja Piso	Dacita	IIIB	40-45	Regular A
Veta	Esfalerita	IVA	30-32	Mala A

Nota: Clasificación geomecánica del RMR. Tomado del "Estudio Geomecanico para Taladros Largos Veta Mary-Zona Volcánica", por el Área Geomecánica de la Unidad Productiva Carahuacra, 2016.



**A. Clasificación geomecánica del GSI** (índice de resistencia geológica), para determinar el tipo de sostenimiento a utilizar en el laboreo de los subniveles, establecido en la mina Carahuacra mediante la cartilla geomecánica modificada.




- **Veta condición estructural.** Se presenta desde muy fracturado a intensamente fracturado: MF-IF (18 a 28 fracturas por metro lineal), En la **condición superficial** presenta de pobre a muy pobre (P a MP), se tiene presencia de factores influyentes: la parte mineralizada se encuentra controlada por dos fallas al techo y al piso, con goteo de agua en la mayor parte del lado oeste. Tomando un tipo de terreno: MF-IF/P-MP
- **Caja techo y piso:** En la **condición estructural.** Presenta de muy fracturado (70%) MF (12 a 20 fracturas por ml), en esta valoración están considerados los planos de debilidad (fracturas <1mm con rellenos de material compacto), los cuales por efectos de la voladura en la excavación tienden a activarse y formando pequeños bloques. En la **condición superficial** ofrece una resistencia de Regular (60%), a Pobre (40%). Tomando un tipo de terreno: MF/R, MF/P.

## B. Análisis del grado de seguridad en la explotación

En el siguiente cuadro se muestra los parámetros de resistencia de Hoek & Brown.

Tabla N. 10

*Parámetros de resistencia de Hoek & Brown*

Material Name	Color	Unit Weight (MN/m <sup>3</sup> )	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	mb (peak)	s (peak)
CT-volc.		0.02975	8750	0.15	Hoek-Brown	10.5024	0.00841468
Mineral		0.03124	13890	0.18	Hoek-Brown	4.10343	0.000418942
CP-Volc.		0.02898	8980	0.29	Hoek-Brown	4.24774	0.00873795

*Nota:* Parámetros de resistencia de Hoek & Brown. Tomado del “Estudio Geomecánico para Taladros Largos Veta Mary-Zona Volcánica”, por el Área Geomecánica de la Unidad Productiva Carahuacra, 2016.

Del cuadro se muestra los parámetros de resistencias de Hoek & Brown. Analizados en la siguiente figura se muestra el factor de seguridad para la explotación de bancos con una altura de 15m.

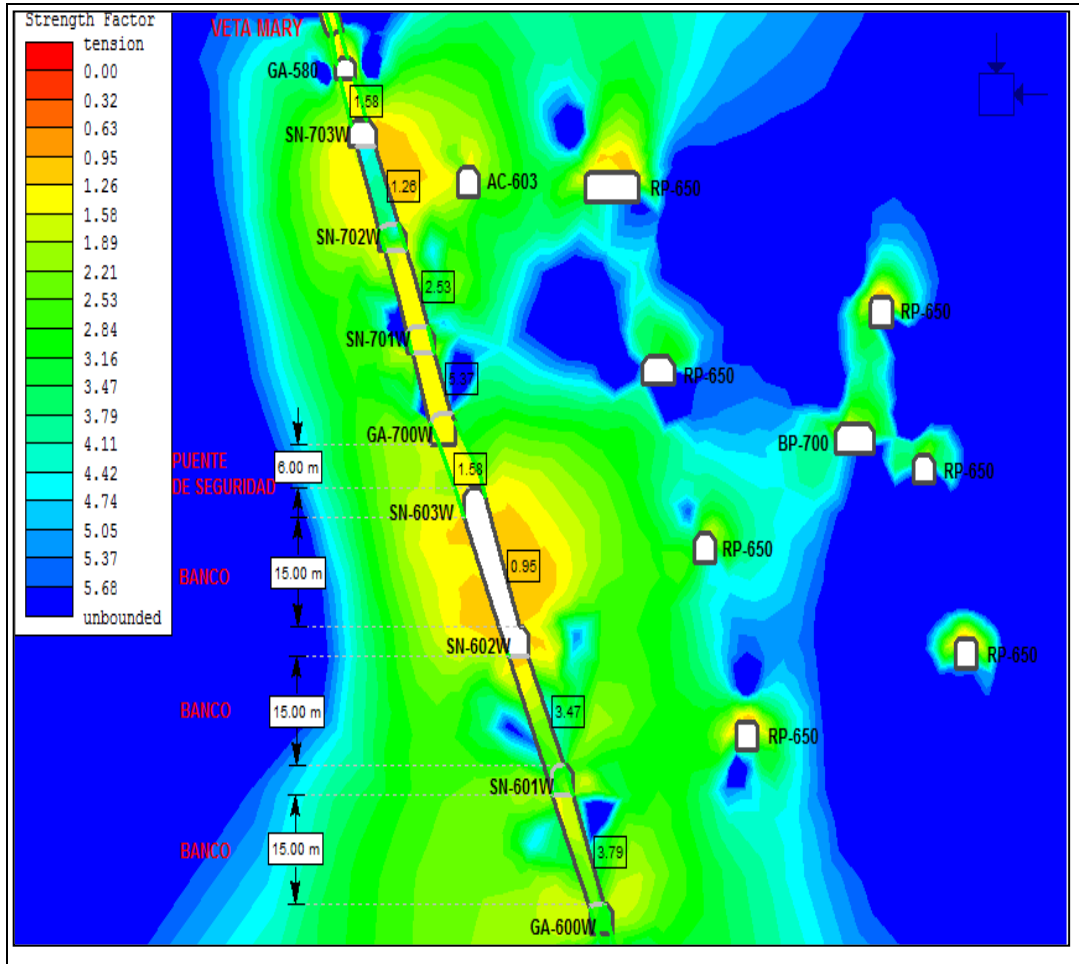


Figura N. 19. Factor de seguridad para la explotación con altura de bancos de 5m

**Analizando e interpretando resultados.** En la figura se muestran los factores de resistencia que ofrece el terreno como respuesta a la excavación realizada en este tramo del TJ\_120, con alturas de banco de 15m, el cual se observa que tiene un valor de **0.95 a 1**.

En la siguiente figura se muestra la deformación que experimentará el terreno al finalizar el minado en el TJ 120E-W, para altura de banco de 15m.

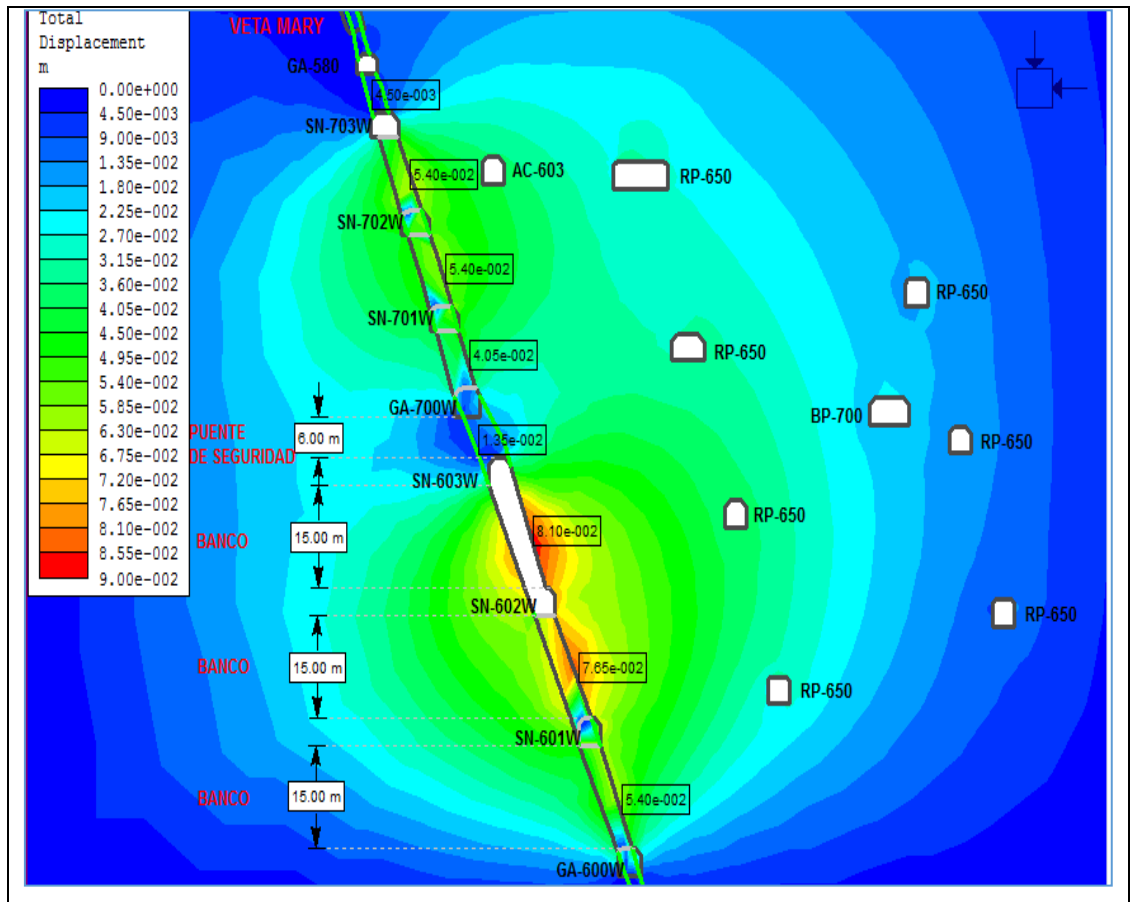


Figura N. 20. Deformación que experimentará el terreno al finalizado el minado en el TJ 120E-W, para altura de banco de 15m.

En la figura se muestran las deformaciones que experimentará el terreno una vez finalizada la explotación, en la cual se observa que la mayor deformación será de 8.10cm.

### 2.3.7 Fase de planeamiento de los equipos de perforación

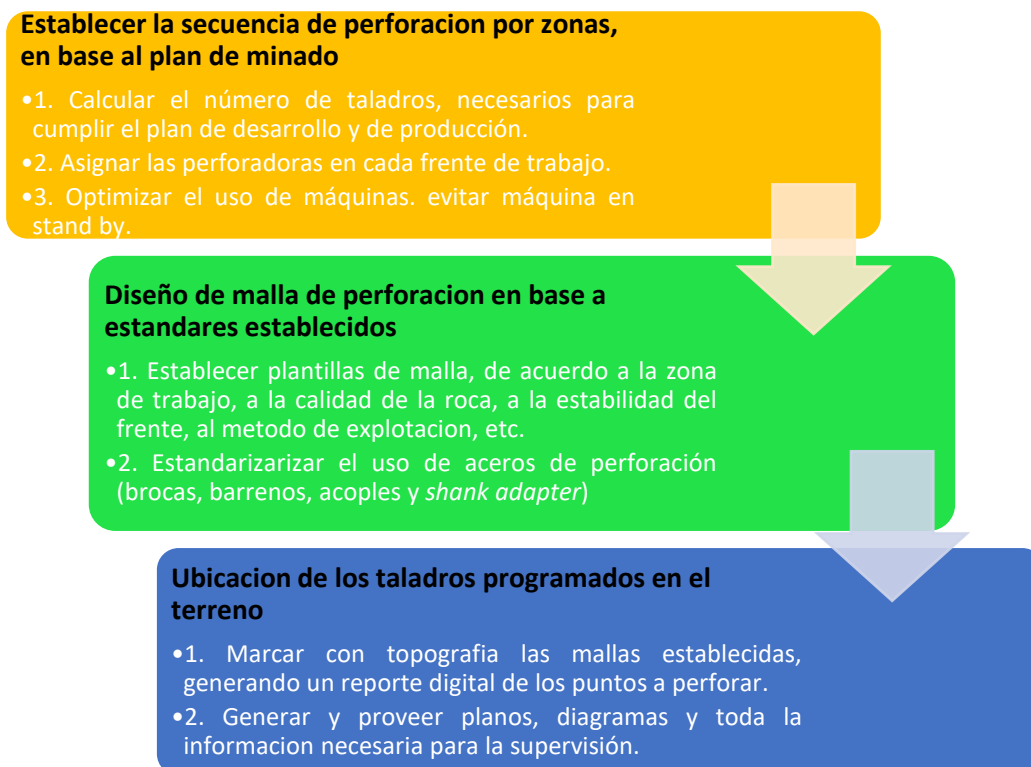


Figura N. 21. Fase de Planeamiento de los equipos de perforación. Tomado del "Equipos de perforación en minería subterránea - criterios de selección y optimización operativa", por J., López, 2015.

#### A. Análisis de secuencia en cada tipo de perforación por zonas, base al plan de minado

En las observaciones de campo para el método de minado Bench And Fill de la unidad minera Carahuacra se viene realizando trabajos no necesariamente enlazados a un procedimiento (estándar), de los subprocesos de perforación de rocas.

El resultado del trabajo de perforación se realiza con deficiencias desde el punto de vista técnico, en las etapas de producción en el método de minado taladros largos, no se debe sobreponer secuencia de trabajo dejando de lado puntos importantes en el procedimiento de perforación.

Asimismo, la perforación es la operación unitaria que necesita de la máxima atención partiendo desde el tipo de roca, el método de explotación, el equipo a utilizar y por último la selección del acero a utilizar para el trabajo.

En la siguiente imagen se detalla las vetas de explotación de la Unidad minera De Carahuacra.

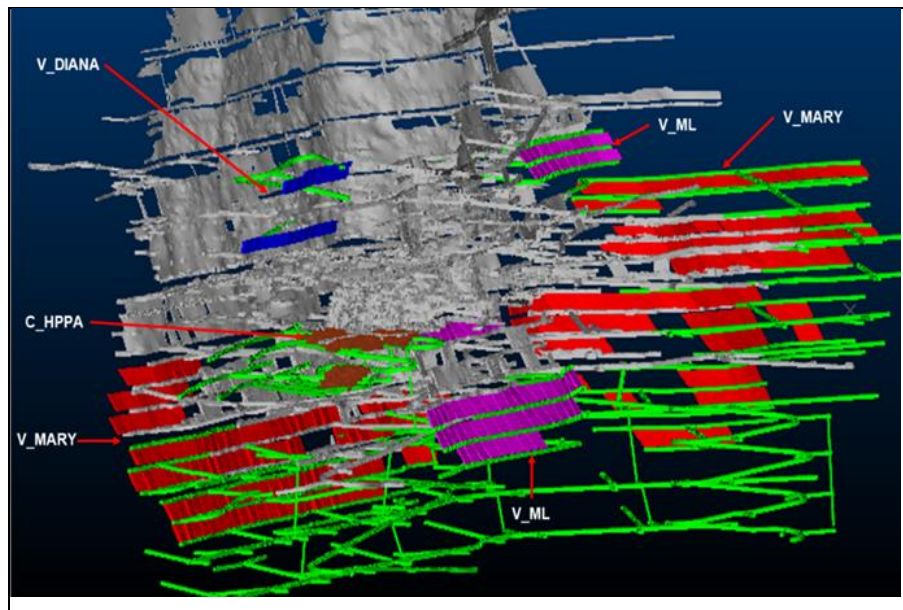


Figura N. 22. Plano de las vetas de la unidad productora Carahuacra

### **2.3.8 Criterios técnico-económicos de selección del equipo de perforación**

#### **1. Criterios técnico-económicos de selección**

Existe mayor desarrollo tecnológico en la perforación subterránea, lo que ha generado la existencia de máquinas más especializadas. Para la selección de las perforadoras se debe de ser cuidadoso, debido a que cualquier falla, se refleja en la eficiencia operativa del equipo y en el costo. Usualmente, en una mina existen diferentes trabajos de desarrollo y producción, por lo tanto, diversos tipos de perforadoras operando.

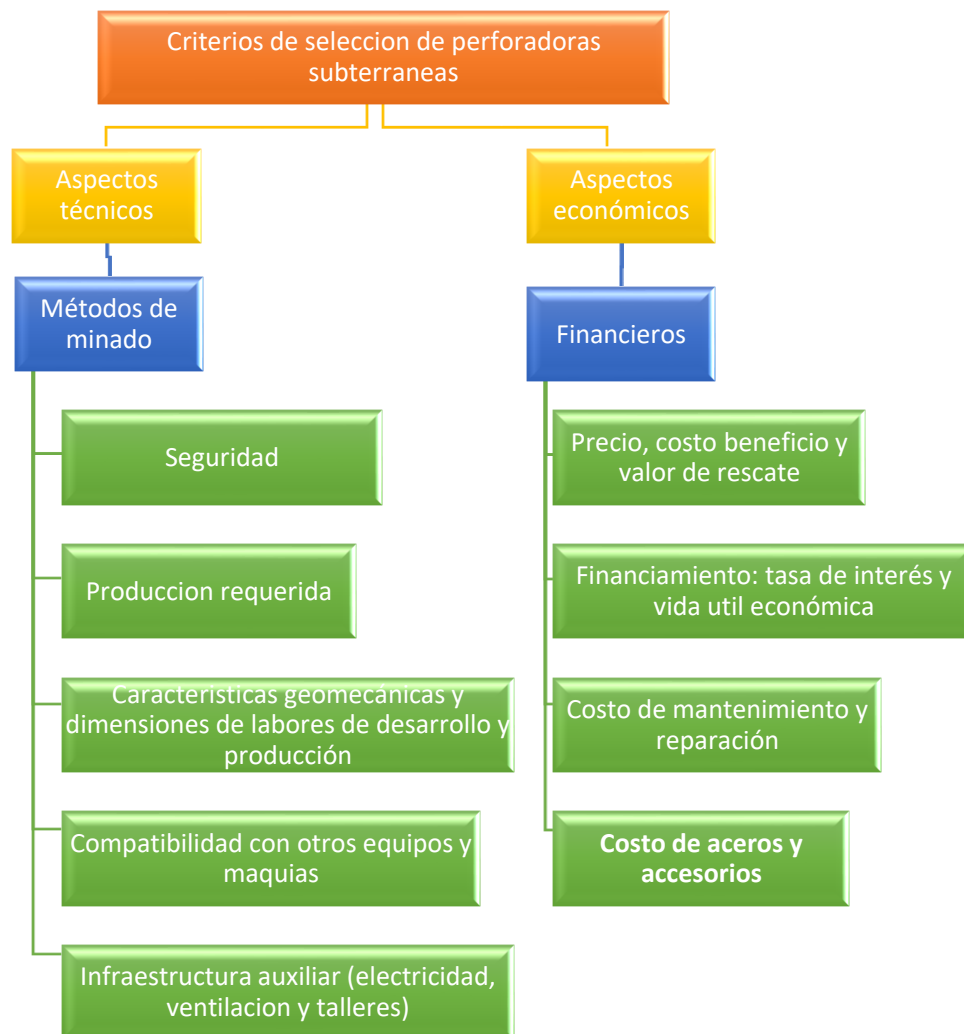


Figura N. 23. Criterios de selección de equipos de perforación subterránea. Tomado del “Equipos de perforación en minería subterránea - criterios de selección y optimización operativa”, por J., López, 2015.

Para esta investigación se vio a detalle los aceros de perforación, se determinó la vida útil de cada una de las columnas de perforación. Inicialmente, se determina basándose en las tablas del fabricante; sin embargo, es necesario realizar la estadística del consumo en campo, para obtener datos más precisos(11).

#### **A. Mantenimiento de los equipos**

El mantenimiento se desarrolla de acuerdo a las especificaciones del fabricante y generalmente está referido a lubricación y al cambio de piezas desgastadas por el uso.

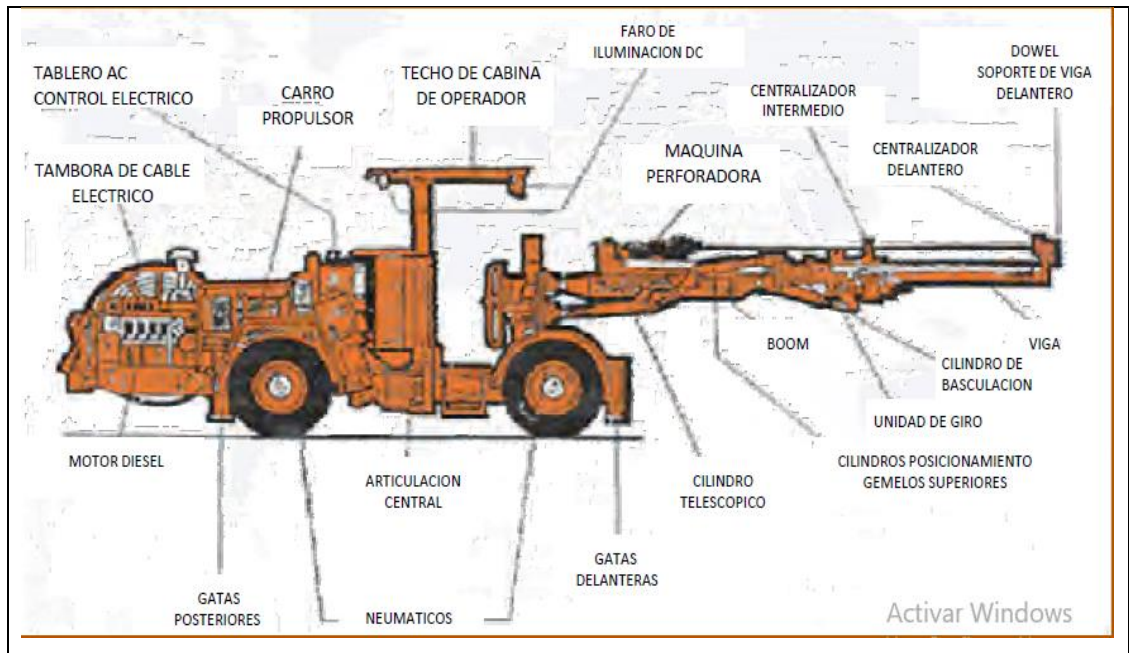


Figura N. 24. Partes principales de un jumbo. Tomado del “Equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J., López, 2015.

## B. Partes para tener un mantenimiento preventivo:

1. Chasis (carrier)(12).
2. Perforadora hidráulica(12).
3. Viga de avance con parada y retomo automático(12).
4. Brazo con paralelismo automático(12).
5. Panel de control conteniendo las válvulas para la perforación y las funciones automáticas(12).
6. Entrador de aceite(12).
7. Paquete de poder hidráulico con el motor eléctrico, acoplado a una doble o triple bomba hidráulica, alimentadas de aceite, desde el tanque hidráulico. Las bombas hidráulicas proveen la energía necesaria para el movimiento del brazo, percusión de la perforadora, rotación y avance(12).
8. Caja eléctrica conteniendo el interruptor principal, el arrancador y el equipo de protección(12).

9. Válvula reductora de la presión de agua(12).

10. Tambor del cable eléctrico(12).

11. Bomba de agua(12).

12. Compresor(12).

13. Lubricantes del aire(12).

### **C. Elección del equipo de perforación y dimensiones**

Debido a estas dimensiones se considera la labor de preparación mayores de 3.8 m x 4.0 m; espacio en el cual se tiene el equipo puede maniobrase sin dificultad. Asimismo, el Simba S7D trabaja con un tornamesa para el movimiento hacia los lados, pudiéndose desplazarse 1,0 m hacia cada lado, desde el centro de la labor.

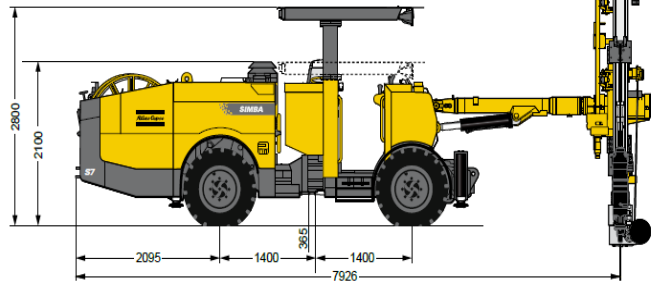
Además, la altura a tomar en cuenta para el direccionamiento de los taladros es de 1,8 m desde el suelo, ya que al posicionarse el equipo necesita colocar las gatas de posicionamiento con lo que alcanza firmeza y evita que el equipo se desplace, haciendo que el equipo se eleve hasta dicha altura, a este punto se le llama punto de baricentro y es desde aquí que se proyectan los taladros.

El Simba tiene una consola de mando, la cual está conectada al equipo por un cable de mando, el mismo que debe ser colocado por el operador a una distancia de aprox. 2,5 m; es por esta razón que la labor de perforación debe tener como mínimo 2,5 m de avance adicional a lo proyectado, con el objeto de que exista el espacio necesario para que se coloque el operador con la consola de mando por delante del equipo, y así poder operarlo sin problemas.

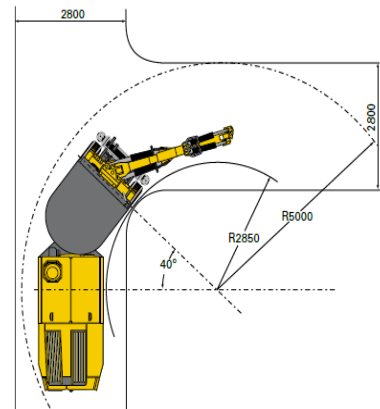
“El Simba S7 D se ha construido con un diseño moderno que comparte muchos componentes comunes con el exitoso equipo de perforación frontal Boomer S1D. Puede perforar barrenos paralelos ascendentes y descendentes con un espaciado de hasta 3 metros. Equipado con un martillo en cabeza de alto rendimiento y una unidad de perforación montada en el brazo” (13).



**SIDE VIEW**



**TURNING RADIUS**



Dimensiones		
Mm	Anchura	2 000
	Altura, desplazamiento	2 100
	Altura con techo subido	2 800
	Length tramming (with BMHP 6804/05/06)	8 805*/9 112*/9 417*
	Altura libre sobre el suelo	335

Radio de giro.		
mm	Radio de giro, exterior	5 000
	Radio de giro, interior	2 850

Figura N. 25. Dimensiones y radio de giro del equipo Simba S7D. Tomado de “las especificaciones técnicas Simba S7D”, por EPIROC PERU S.A. 2018

En el siguiente cuadro se muestran las secciones de labor recomendados para la utilización del equipo.

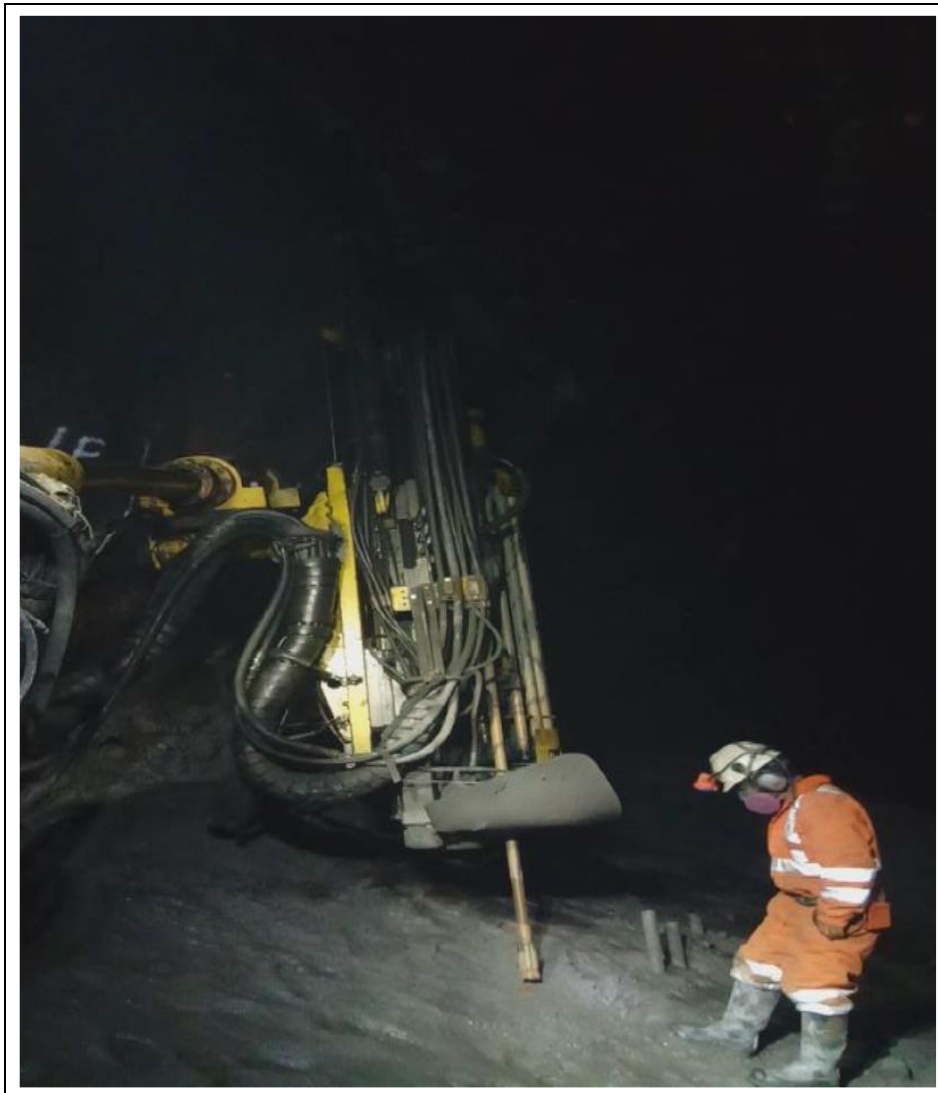
Tabla N. 11

*Tamaño de la sección recomendado de labor*

TAMAÑO DE LA SECCIÓN RECOMENDADO			
Alimentación	Barra	Sección Mínimo * (h x w) m	Sección Máximo** (h x w) m
mm	BMHP 6804	1 220	3,3 x 3,3
	BMHP 6805	1 525	3,7 x 3,7
	BMHP 6806	1 830	4 x 4
			7,2 x 8,5
			7,5 x 8,8
			4 x 4 7,8 x 9,1

Nota: Tamaño de la sección recomendado de labor del equipo Simba S7D. Tomado de “las especificaciones técnicas Simba S7D”, por EPIROC PERU S.A. 2018

En la siguiente imagen se muestra la perforación de taladros largos en la Veta Mary. Unidad minera Carahuacra.



*Figura N. 26.* Perforación de taladros largos equipo J – 310 (Simba S7D).

Las inspecciones de equipo se señalan en el anexo 7, el formato se cumple para todos los equipos de perforación en la unidad Carahuacra.

### **2.3.9 Análisis Geomecánica en relación al rendimiento del equipo y el metraje perforado-Veta Mary**

En el estudio geomecánico de la veta Mary se empleó la clasificación geomecánica RMR del 89 (Rock Mass Rating). Asimismo, se realizaron las zonificaciones geomecánica del mineral o veta como las encajonantes los mismos que se detallan a continuación.

Tabla N. 12

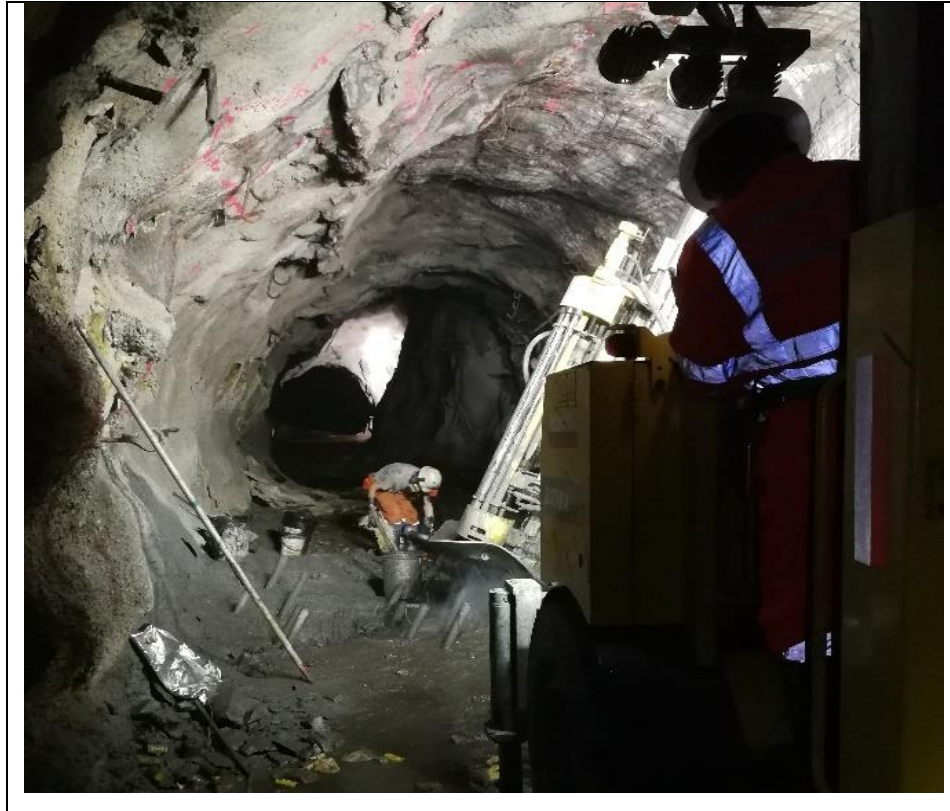
*Clasificación RMR del macizo rocoso-Veta Mary*

<b>LITOLOGÍA</b>	<b>Tipo De Macizo Rocosó</b>	<b>RANGO RMR</b>	<b>RMR PROMEDIO</b>	<b>CALIDAD</b>
Veta (Esfalerita)	III B	30-32	31	Mala "A"
caja techo (Dacita)	III B	40-45	43	Regular "A"
caja piso (Dacita)	IV A	40-45	43	Regular "A"

*Nota:* Clasificación RMR del macizo rocoso-Veta Mary, tomado del "Estudio Geomecanico para taladros largos Veta Mary-Zona Volcánica" por el Área Geomecánica de la Unidad Productiva Carahuacra, 2016.

En el siguiente cuadro se analizó la perforación de los tres equipos, Se tomó en cuenta todos los tipos de perforaciones realizados como taladros de drenaje, taladros de instalación de cables, taladros para realización de nichos, servicios etc. En los trabajos de desarrollo, preparación y producción (14).

En la siguiente figura se muestra la perforación de taladros largos teniendo controles de los bancos y en la longitud de perforación



*Figura N. 27.* Perforación de taladros largos teniendo controles de los bancos y longitud de perforación.

En la figura se muestra que se tuvo que perforar bancos de 15 metros por el tipo de roca muy suave se ha perforar los slots en dos etapas, en la primera etapa, se perforó la mitad del *slot* en orientación positiva y en la segunda etapa el subnivel superior en orientación negativa obteniendo buenos resultados, en el tiempo de perforación, evitando atascamiento de barras y optimizando costos.

Tabla N. 13

Cuadro condiciones de trabajo, tipo de roca, tipo de trabajo y metros perforados por mes

CONDICIONES DE TRABAJO	TIPO DE ROCA	TIPO DE TRABAJO EN PERFORACIÓN	METROS PERFORADOS POR MES (mp/mes)
<b>FÁCIL</b>	Roca competente	<b>Frente de avance</b> (menor tiempo de perforación y mayor rendimiento de los aceros de perforación)	12000 - 13566
	Terreno duro con alta concentración de pirita (muy abrasivo).	<b>Taladros largos</b> (menor tiempo de perforación y mayor rendimiento de los aceros de perforación)	5000 - 5152
		<b>Sostenimiento</b> Mínimo (Algunos Bulones)	2500 - 2986
<b>MEDÍA</b>	Condiciones variables de roca	<b>Frente de avance</b> (moderado tiempo de perforación y moderado rendimiento de aceros de perforación)	10500 - 11361
	Terreno de medio a duro con baja mineralización (abrasividad medía).	<b>Taladros largos</b> (moderado tiempo de perforación y moderado rendimiento de aceros de perforación)	4000 – 4139
		<b>Sostenimiento</b> Regular (bulones Y algunos gunitado)	2000 – 2452
<b>DIFÍCIL</b>	Roca blanda Y fracturada	<b>Frente de avance</b> (mayor tiempo de perforación y bajo rendimiento de aceros de perforación)	8000 - 9462
	Zona de veta, terreno medio a suave (panizo), (bajo nivel de abrasividad).	<b>Taladros largos</b> (mayor tiempo de perforación y bajo rendimiento de aceros de perforación)	3000 - 3104
		<b>Sostenimiento</b> Masivo (bulones, gunitado, Malla/Cerchas)	1500 - 1633

En el cuadro de análisis, la Veta Mary se ubica en condiciones de trabajo medía y difícil por el tipo de macizo rocoso regular (TJ 120 RMR 45-regular “A”) y mala (TJ 120 31-MALA “A”).

El tipo de roca es inversamente proporcional al tiempo de perforación y directamente proporcional al rendimiento de los aceros de perforación, es decir, si el macizo rocoso es de mala calidad la condición de trabajo del equipo es difícil, el tiempo de perforación será mayor y el rendimiento de los aceros de perforación será menor. Para los metros perforados por equipo se tiene lo siguiente:

- En trabajos de taladros largos el rendimiento de metro perforado bajo de roca regular a roca mala es un 17% respectivamente.
- En trabajos de frentes de avance el rendimiento de metro perforado bajo de roca regular a roca mala es un 25% respectivamente.
- En trabajos de sostenimiento el rendimiento de metro perforado bajo de roca regular a roca mala es un 33% respectivamente.

### 2.3.10 Diseño de malla de perforación sobre la base de estándares establecidos

Establecer plantillas de malla, de acuerdo a la zona de trabajo, a la calidad de la roca, a la estabilidad del frente, al método de explotación, etc. y estandarizar el uso de aceros de perforación brocas, barrenos, acoples y shank adapter. tomado del Catálogo de productos - Equipo de martillo en cabeza, (15).

- ✓ En equipos de producción para taladros largos tiene lo siguiente:

Tabla N. 14

*Columna de perforación en equipos producción taladros largos*

UNIDAD MINERA	TIPO DE TRABAJO	CODIGO	ACCESORIO	DESCRIPCION	UBICACIÓN	EQUIPO
CARAHUACRA	TALADROS LARGOS	90516184	SHANK	COP 1550, 1838 T38	NO TIENE UN LUGAR ESTABLECIDO	SIMBA 308, 309, 310 Y 314
		90510720	BARRA	T38-RD38-T38 5'		
		900029467	BROCA	RETRAC DC T38 X 64 mm ESF		
		90513776	BROCA	RIMADORA DOMO T38 X 127 mm ESF		

Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos.

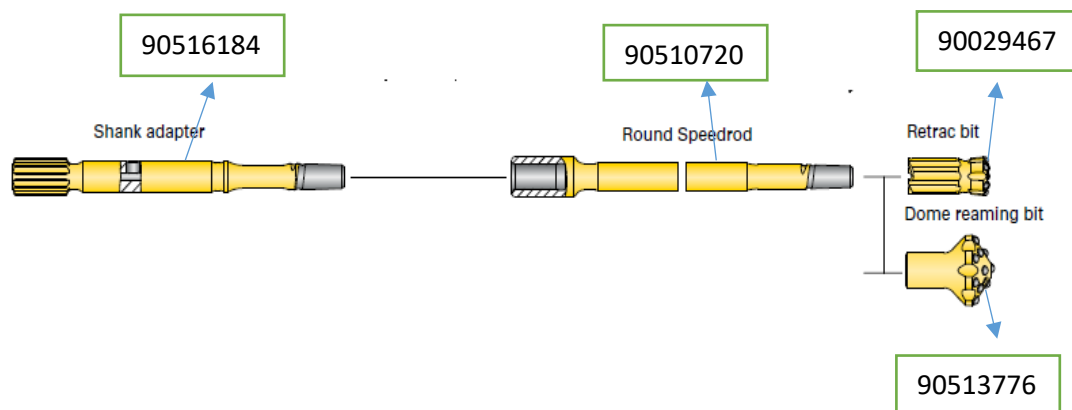


Figura N. 28. Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos. Tomado del “Catálogo de productos-Equipo de martillo en cabeza por Secoroc, Atlas Copco SAC” 2017

### 2.3.11 Equipos utilizados por cada tipo de trabajo-mina Carahuacra-Veta Mary

Para cada tipo de trabajo se tiene un equipo específico para esa tarea, para una mejor sectorización se clasifican en tres actividades de trabajo con los respectivos números de equipos de perforación a continuación se muestra los equipos utilizados para cada tipo de trabajo.

Tabla N. 15

*Tipo de trabajo y equipos utilizados en el año 2017*

TIPO DE TRABAJO	NÚMERO DE EQUIPO	EQUIPO	PERFORADORA
Sostenimiento (pernos de anclaje)	J - 406	Boltec S	COP 1132
Frontonero (frentes de avance)	J - 133	S1D	COP 1838
	J - 148	Boomer 282	COP 1838
Producción (taladros largos)	J - 308	Boomer 281 (Híbrido)	COP 1838
	J - 309	H1254	COP 1838
	J - 310	S7C	COP 1838
	J - 314	H1257 (Híbrido)	COP 1838

Los equipos para cada tipo de trabajo señalados en la unidad Carahuacra son empleados en toda la unidad para los métodos de explotación trabajados.

Tabla N. 16

*Tipo de trabajo y equipos utilizados en el año 2018*

TIPO DE TRABAJO EN PERFORACIÓN	NÚMERO DE EQUIPO	EQUIPO	PERFORADORA
Sostenimiento (pernos de anclaje)	J-406	Boltec S	COP 1838
	*J-414	*Boltec S	*COP 1838
Frontonero (frentes de avance)	*J-0008	*Troidon 55XP	*COP 1132
	J-133	S1D	COP 1838
	J-148	Boomer 282	COP 1838
Producción (Taladros Largos)	*J-308	<b>Boomer 281 (Híbrido)</b>	<b>COP 1839</b>
	J-309	H1254	COP 1840
	J-310	S7C	COP 1841
	J-314	H1257 (Híbrido)	COP 1842
	* J-316	* S7D	* COP 1843

(\*) Nuevos equipos de perforación. J-316 (S7D), J-414 (boltec S) y J-0008 (troidon 55XP)

En el cuadro se muestra que para el trabajo de sostenimiento se dispone de un equipo más (J-414 boltec S) para la perforación de pernos de sostenimiento, en el avance de frentes también obtuvieron un nuevo equipo (J-0008 troidon 55XP) y para la producción por el método de minado taladros largos obtuvieron el equipo (J-316 S7D) en reemplazo del equipo (J-308 boomer 281 – híbrido).

### 2.3.12 Análisis de los parámetros y factores de perforación utilizados en la Unidad minera Carahuacra




En el siguiente cuadro se realiza la comparación de características básicas de los equipos de perforación utilizados en la unidad minera Carahuacra. Se analizaron tres equipos de trabajo y son los siguientes:

- Equipos utilizados para los frentes de avance en trabajos de desarrollo y preparación.
- Equipos utilizados para el método de minado taladros largos en los trabajos de producción.
- Equipos utilizados para el sostenimiento de las labores.



Tabla N. 17

*Características básicas de los equipos de perforación*

Perforadoras de avance (túneles y galerías de avance)	Perforación de barrenos largos (taladros de producción, drenaje y otros)	Perforación para valonado (perforación para la colocación de pernos de sostenimiento)
Dirección de perforación 	Dirección de perforación 	Dirección de perforación 
Barrido con agua	Barrido con agua	Barrido con agua
Perforación horizontal	Peso de sarta de perforación	Perforación vertical fundamentalmente.
La energía de impacto no precisa alta variabilidad. Se adapta a barrenos de 43 a 51 mm de diámetro	La energía de impacto debe variar: pasa de 64 mm de diámetro hasta 115 mm, y un número de acoplamiento de hasta 20.	La energía de impacto no tiene mayor variabilidad. Normalmente, se adapta a barrenos de 32 a 38 mm de diámetro.
Ángulo de divergencia (menor grado posible)	Longitud de carrera de pistón ajustada.	Es probable que el varillaje de perforación no soporte elevadas energías de impacto
El porcentaje del tiempo de perforación es elevado (-70%)	El porcentaje del tiempo de perforación es alta (>55%)	El porcentaje del tiempo de perforación es alto (>55%)
Elevada demanda de sistema de control de la perforación	Elevada demanda de sistema de control de la perforadora.	Menos requerimientos para el sistema de control de la perforación
Una perforadora rápida y precisa es más importante en túneles, que en minería	La rectitud de los barrenos es importante.	La rectitud de los barrenos es menos importante (son normalmente barrenos cortos).  Par de rotación pequeño.
	Par de rotación elevado Frecuentemente, se emplea el extractor de varillas.	

*Nota:* Características básicas de los equipos de perforación. Tomado del “curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015.

### 1. Perforadoras hidráulicas

La diferencia principal con las neumáticas es que usan una serie de bombas para introducir un caudal de aceite, lograr el movimiento del pistón y la rotación del varillaje. Esto permite mayor potencia de trabajo. Además, existen diversos modelos y están fabricadas de

acuerdo al uso. Las partes modelos están fabricadas acuerdo al uso. Asimismo, las partes principales se presentan en la siguiente diapositiva.

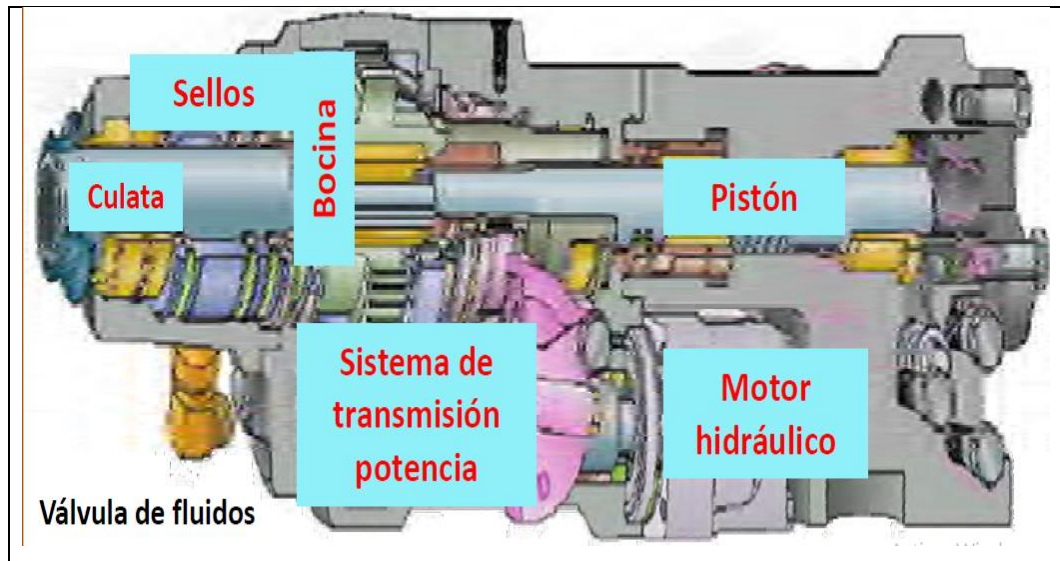


Figura N. 29. Partes principales de perforadora hidráulica. Tomado del “curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015.

La perforación hidráulica supone un avance tecnológico, respecto a la neumática, puesto que ocurre lo siguiente:

- Se logra mayor presión con menor pérdida de potencia en el trabajo, reduciendo el consumo de energía a 1.3, a comparación de los sistemas neumáticos.
- Menor costo de accesorios de perforación (aceros), debido a que se usan pistones más largos y de menor sección. Se estima que la vida de los aceros, se puede elevar hasta en 20%.
- Se incrementa la velocidad de penetración entre 50% a 100%, respecto a las perforadoras neumáticas.
- Mejores condiciones ambientales y de seguridad, genera menor ruido debido a que no existe escape de aire.
- Mayor versatilidad en la perforación debido a que se pueda regular la presión y velocidad de la máquina.
- Mayor facilidad de mecanización de las operaciones de perforación (cambio automático de varillaje, perforación con múltiples martillos y un solo operador y operaciones remotas)

## 2. Características principales

- Especificaciones:
- Presión de trabajo 75 a 250 bares
- Frecuencia de impacto 2000 a 6000 golpes/min
- Potencia de impacto 6 a 80 KW
- Frecuencia 60 a 180 Hz

## 3. Jumbos de avance y tajeo horizontal

Estas máquinas se usan en lo siguiente:

- Desarrollo de galerías, cruceros y rampas
- Tajeos donde se perfora horizontalmente
- Se deben diseñar las labores, de acuerdo a las dimensiones y al área de cobertura de la maquinaria.

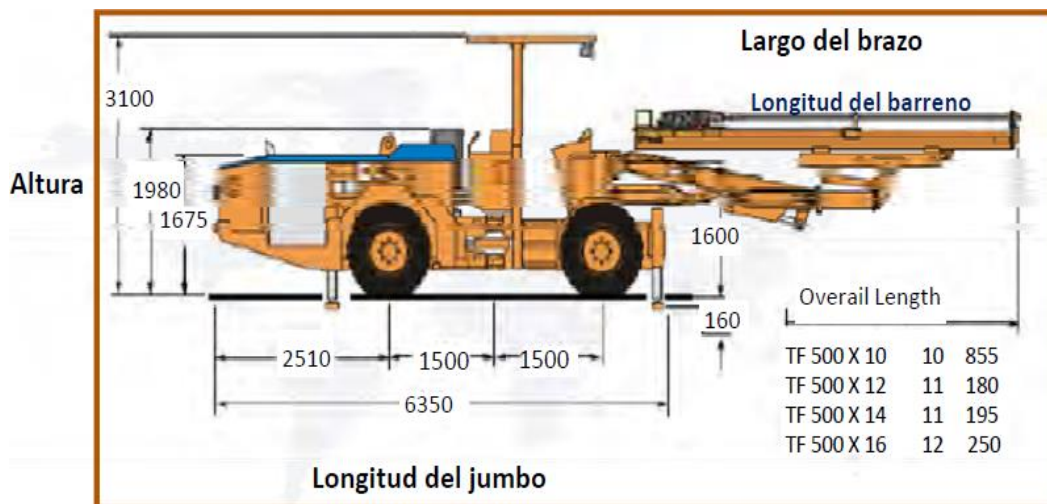


Figura N. 30. Dimensiones del Jumbo. Tomado del "curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa", por J. López, 2015.

### A. Jumbos para túneles

Son máquinas de mayores dimensiones que están equipadas con varias perforadoras hidráulicas. Además, suelen ser articuladas, logrando mayor movilidad dentro del túnel.

### B. Jumbos de bajo perfil

Estas máquinas son de menor altura que las convencionales, y se usan en las labores donde no se pueden excavar secciones mayores a 20 m<sup>2</sup>.

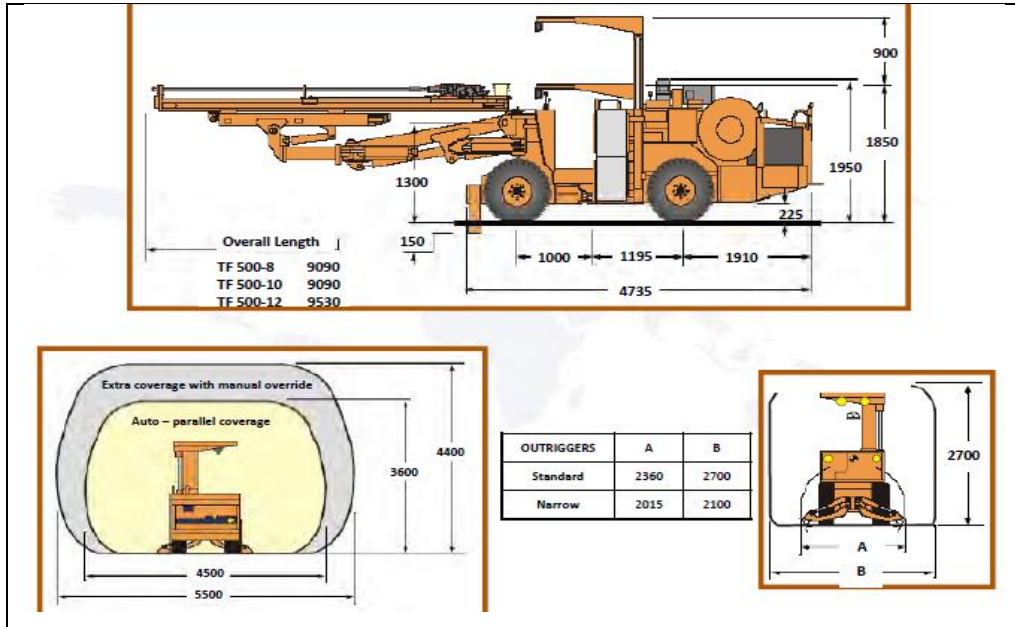


Figura N. 31: Dimensiones de radio de giro Jumbo. Tomado del “Curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015.

#### 4. Perforadoras de producción

La perforación de producción está ligada al método de explotación del yacimiento. Además, los equipos y el grado de mecanización están en función directa, al diseño geométrico de las labores de extracción de los minerales.

En los yacimientos estrechos (vetas), se usan perforadoras manuales, en los tajeos donde el banqueo se hace perforando horizontalmente, se usan jumbos; y en otros métodos donde las dimensiones del yacimiento lo permiten, se usan perforadoras radiales, Rock Drill o Perforadoras tipo DTH.

##### A. Jumbos radiales

Son perforadoras que pueden realizar taladros largos, desde una galería en forma radial o paralela. Se presentan algunas características:

Para galerías pequeñas a medianas, se presentan diámetros de perforación en el rango de 48 a 127 mm; así como también, carruseles con capacidad de 17+1 barra, para la perforación mecanizada de hasta 32 m. Además, Para galerías medianas a grandes, con diámetros de perforación de 89 a 165 mm, adaptado de 35 + 1 barras, para perforación mecanizadas de hasta 63m.

## B. Perforadoras para taladros largos

Son perforadoras montadas sobre orugas, generalmente, tipo *rock drill* (con martillos hidráulicos) o *track drill* (martillos neumáticos) están diseñadas para perforar de forma horizontal o con una leve inclinación (menor a 30°), en bancos hacia abajo. Asimismo, se usan en producción y pueden tener sistemas DTH o OTH.

## 5. Factores operacionales y prácticas operativas.

La perforación es una de las actividades más delicadas del proceso minero, puesto que, con esta se inicia la explotación del yacimiento. Además, la perforación es un proceso costoso y de alta precisión. Sus resultados dependerán de las siguientes etapas de minado. Asimismo, los factores operativos para que esta actividad se realice de la mejor forma son los siguientes:

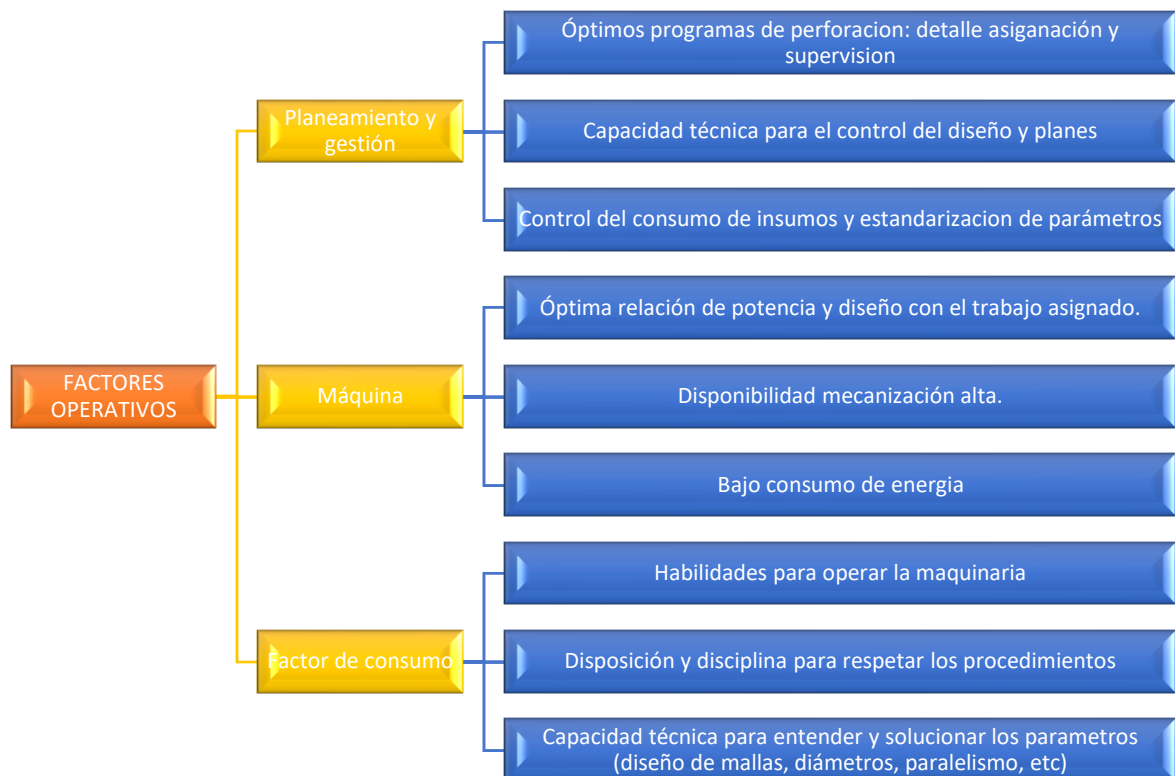


Figura N. 32. Factores operativos de los equipos de perforación. Tomado del “Curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015. López, 2015.

## A. Práctica operativa

La perforación en minería subterránea debe basarse en un procedimiento escrito, que pueda estandarizar las actividades unitarias, con el objetivo de lograr mayor eficiencia y seguridad. Asimismo, este procedimiento es particular en cada operación y para cada tipo de perforación, sin embargo, se puede esquematizar de la siguiente manera:

### 2.3.13 Costo de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary Tajeo 120 E-W

La perforación para el método de minado elegido en Bench and Fill se realiza con el equipo Simba S7D, diseñado para la perforación de taladros largos. La Veta Mary tiene una extensión 1020 metros con una altura de 160 metros y un ancho de minado de 3.10 metros y ancho de veta variable de 2.6 metros.

En la siguiente figura se muestra la Veta Mary y toda su extensión de minado por el método de minado Bench and Fill.

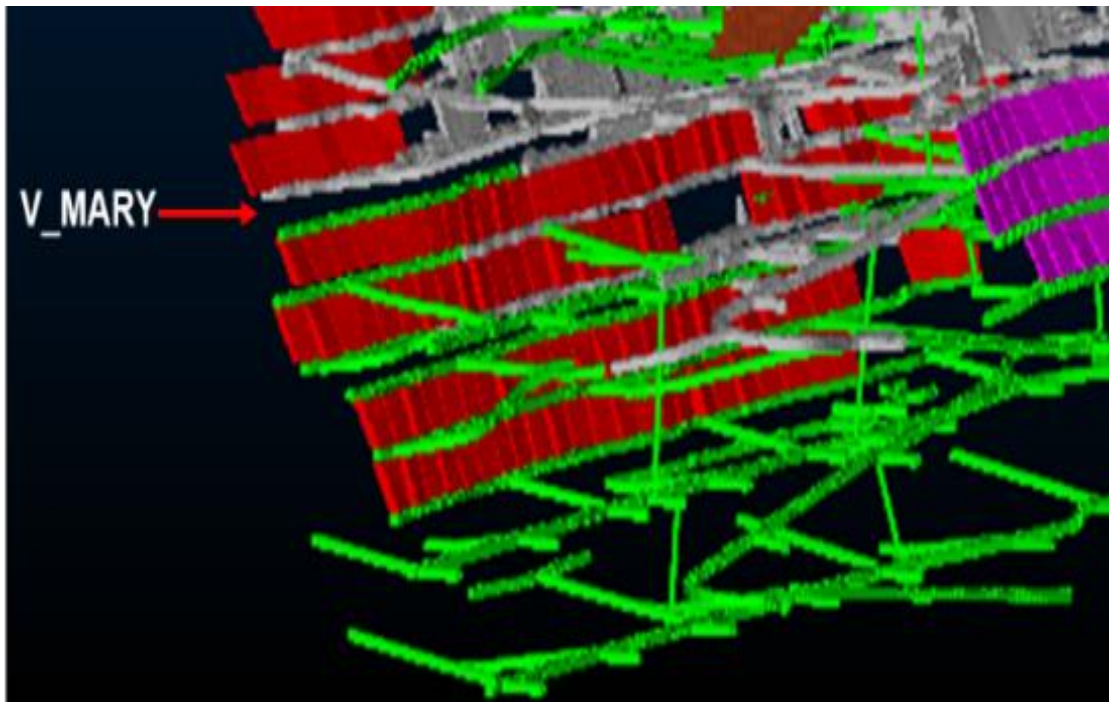


Figura N. 33. Dimensiones de los tajeos de la Veta Mary

Para el cálculo de costo en la perforación se realizó la valorización de toda la extensión del *block* mineralizado del tajeo 120 E-W, que cuenta con una inclinación de 65°.

En el siguiente cuadro se muestra el costo total de perforación en dólares por tonelada.

Tabla N. 18

Costo total de perforación por dólares por tonelada

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad (personas)	Cantidad	Costo unitario US\$/unidad	Vida Útil	Costo parcial US\$/gdía	Costo total sin explosivo US\$/t
<b>1.00</b>	<b>PERFORACIÓN</b>						<b>369,629.84</b>	<b>2.81</b>
<b>1.01</b>	<b>Mano de obra</b>						<b>66,983.27</b>	<b>0.51</b>
	Operador de Simba	Gdía	1	244	88.01		27,949.85	
	Ayudante operador de Simba	Gdía	1	244	40.34		12,810.35	
	Mecánico-electricista de Mina Simba	Gdía	1	244	104.48		19,908.38	
	Choferes camioneta mantenimiento	Gdía	1	49	52.24		1,990.84	
	Choferes camión servicios, lubricador	Gdía	1	49	52.24		1,990.84	
	<b>Supervisión</b>							
	Ingeniero jefe de guardia	Gdía	0	37	195.89		2,333.01	
<b>1.02</b>	<b>Aceros de perforación</b>						<b>99,474.61</b>	<b>0.76</b>
	Barra SP T38-RD38-T38 x 4"	p.p	10	78,420.60	300.85	4000	58,982.09	
	Broca retráctil FP T38 x 64MM	p.p	1	78,420.60	147.90	500	23,196.81	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	p.p	1	78,420.60	326.35	2500	10,237.03	
	Broca B T38 x 127 mm	p.p	1	2,700.00	505.00	350	3,895.71	
	Copas de afilado	Jgo.	1	78,420.60	0.04	10000	3,136.82	
	Aguzadora de copas	Pza	1	78,420.60	0.00	15000	26.14	
<b>1.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>196,728.86</b>	<b>1.50</b>
	Simba S7 D	h		666.27	286.64	<b>cost/h</b>	190,982.26	
	Combustible	Gal		999.41	5.75		5,746.60	
<b>1.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>6,443.09</b>	<b>0.05</b>
	Implementos de seguridad	Gdía	3	244	6.28		3,989.64	
	Herramientas	Gdía	1	244	7.04		1,719.60	
	Lámparas mineras	Gdía	3	244	1.16		733.85	
	<b>TOTAL COSTO PARCIAL US\$/gdía</b>						<b>369,629.84</b>	<b>2.81</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/t)</b>						<b>369,629.84</b>	<b>2.81</b>
	Utilidad costo directo				10%			0.28
	Gastos administrativos				13%			0.37
	<b>COSTO TOTAL (US\$/t)</b>							<b>3.46</b>

De la tabla se muestra

- El costo parcial de perforación de **369,629.84 US\$/gdía**
- El costo total de perforación sin explosivo de **2.81 US\$/ton**, en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.
- El costo total de perforación de **3.46 (US\$/t)**, este costo incluye utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13% ambos respecto al costo total de perforación sin explosivo.

## 2.3.14 Rendimientos de la vida útil de los aceros perforación

### 1. Fase de gestión

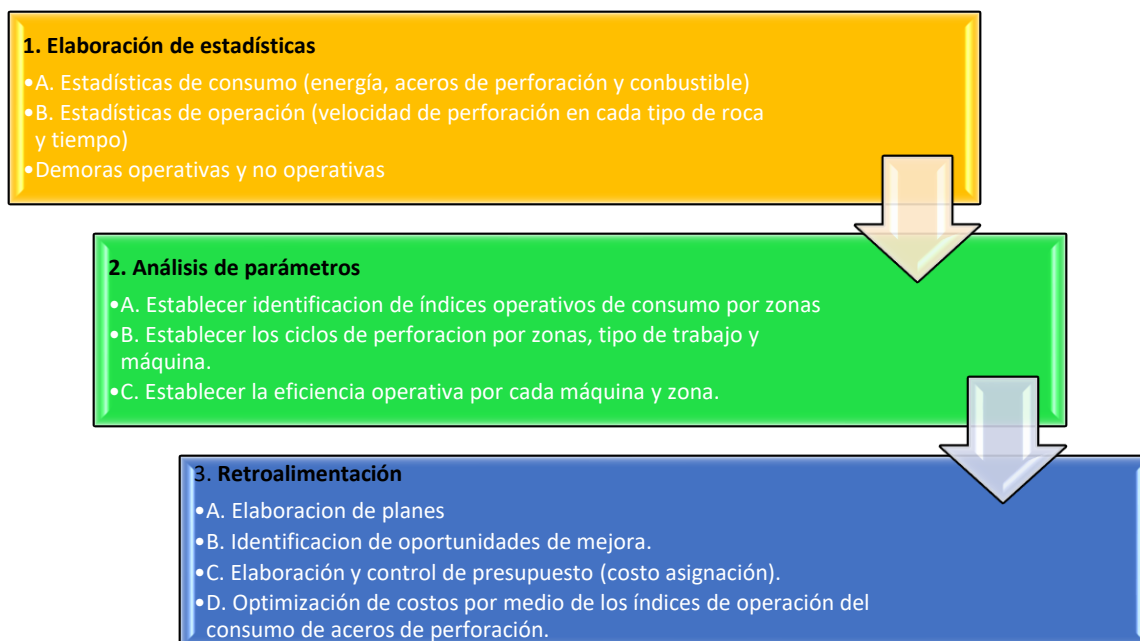


Figura N. 34. Rendimientos de la vida útil de los aceros perforación. Tomado del “Curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015

### 2. Elaboración de estadísticas

Comparación de los metros perforados y el consumo de piezas de perforación por mes para cada tipo de trabajo y equipo.

#### A. Comparación de los metros perforados y el consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill

Para la unidad Carahuacra el rendimiento establecido se da de la siguiente manera: *shank adapter* el 16%, barra 24%, broca 58% y rimadora 4%, estos porcentajes respecto a la vida útil para cada pieza en relación a los metros perforados. Además, el rendimiento total para toda la columna de perforación de las cuatro piezas es de 3750 metros perforados. En el anexo 8 se muestra los costos unitarios respecto a los porcentajes de la vida útil de cada acero de perforación para la perforación de taladros largos.



En la siguiente figura se muestra la comparación de los metros perforados correspondiente a cada mes y el consumo de piezas que se tuvo de forma general en la columna de perforación del año 2017.

- ✓ Análisis comparativo del año 2017 mina Carahuacra

En el siguiente cuadro se muestra los metros perforados y el consumo de piezas de perforación y la incidencia en pérdidas de los equipos para taladros largos unidad Carahuacra del año 2017.

Tabla N. 19

*Metros perforados y consumo del 2017 mina Carahuacra*

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO						
MESES	METRO PERFORADO (m)	CANTIDAD DE CONSUMO TALADROS	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA (US \$) *		INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%) *
				OPTIMIZACIÓN (US \$)	INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)	
POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN						
Feb-17	14,316	76	-569	-682.8		-8%
Mar-17	10,916	78	-638	-765.6		-9%
Abr-17	13,265	88	-613	-735.6		-9%
May-17	14,833	97	-1528	-1833.6		-22%
Jun-17	18,321	107	-664	-796.8		-9%
Jul-17	18,301	99	-289	-346.8		-4%
Ago-17	16,136	85	-875	-1050		-12%
Set-17	19,161	98	-475	-570		-7%
Oct-17	19,480	100	-643	-771.6		-9%
Nov-17	20,689	101	146	175.2		2%
Dic-17	19,339	95	-628	-753.6		-9%
Ene-18	23,222	119	-257	-308.4		-4%
<b>PROMEDIO MENSUAL POR AÑO</b>	<b>17,332</b>	<b>95</b>	<b>-586</b>	<b>-703</b>		<b>-8%</b>

Del cuadro se muestra, en resumen, el análisis de la vida útil de la columna de piezas de perforación, *shank adapter*, barra, broca y rimadora todos suman una vida útil de 3750 metros perforados, al comparar con el rendimiento en los meses respectivos

durante el año del 2017, nos da las pérdidas mensuales. Las pérdidas se detallan con cifras negativas y color amarillo y en los meses que no hubo pérdidas están con cifras positivas respectivamente.

En la siguiente figura sobre la base del cuadro se muestra la comparación de los metros perforados correspondiente a cada mes y el consumo de piezas que se tuvo de forma general en la columna de perforación de los equipos para taladros largos del año 2017.

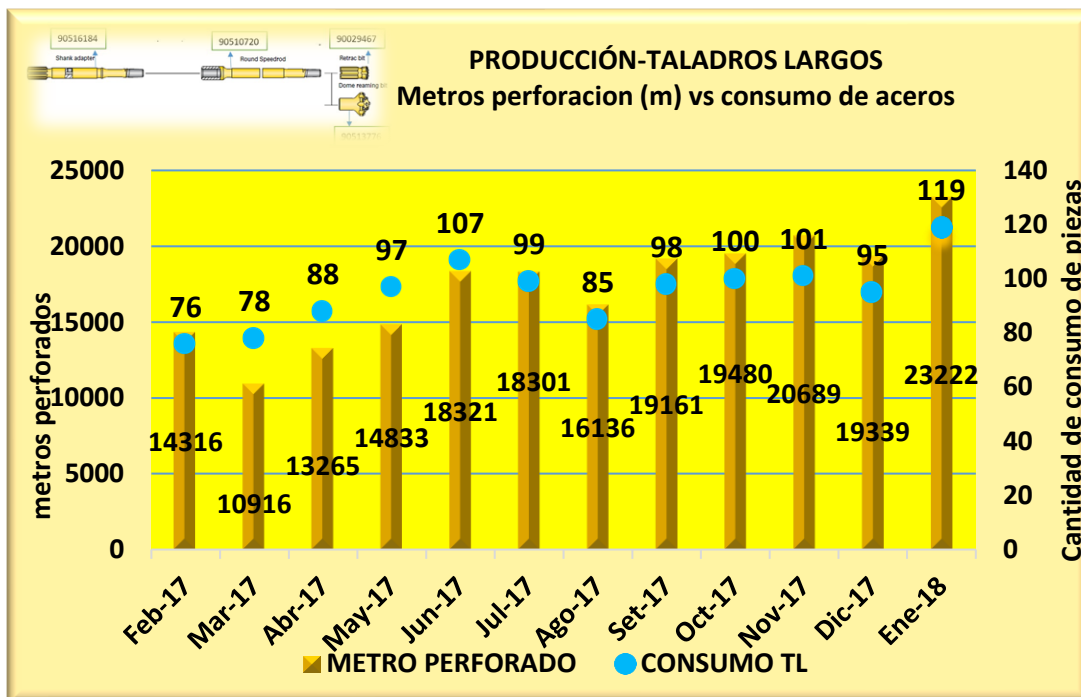


Figura N. 35. Comparación de metros perforados en relación al consumo de piezas de perforación del año 2017.

**Análisis.** El gráfico 9 muestra que en los meses febrero 2017, marzo 2017, abril 2017, mayo 2017, junio 2017, julio 2017, agosto 2017, setiembre 2017, octubre 2017, diciembre 2017 y enero 2018 en promedio son 598 metros perforados, lo que genera pérdidas con un consumo de piezas elevado de 95 piezas mayormente en brocas, barra y *shank adapter*, esto sucede por desconocimiento de los siguientes factores:

- Tipo de roca. Los parámetros de perforación se regulan de acuerdo al tipo de roca, por su dureza, contextura y abrasividad

- Equipo. Falta de mantenimiento oportuno, deficiencias de las vigas, perforadoras trabajando fuera del ciclo de mantenimiento.
- Afilado de brocas. El desgaste prematuro de los aceros y su posterior desgaste por rotura o fallas prematuras

En la siguiente tabla se muestra los metros perforados y el consumo de piezas de perforación y la incidencia en pérdidas del equipo Simba S7D para taladros largos de la unidad Carahuacra-Veta Mary del año 2017.

Tabla N. 20

*Metros perforados por actividad y equipo-Veta Mary Año 2017*

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO-VETA MARY					
MESES	METRO PERFORADO (m)	CANTIDAD DE CONSUMO TALADROS LARGOS	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA (US \$)*	INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%)*
				OPTIMIZACIÓN (US \$)	INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)
				POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN	
PROMEDIO MENSUAL-Veta Mary	5,207	24	-158	-190	-2%
Incidencia porcentual de total	30%	26%	27%	27%	

Del cuadro se muestra el promedio mensual de metros perforados de la Veta Mary con el equipo Simba S7D, la cantidad de consumo de aceros, y la diferencia del rendimiento de aceros en relación a la vida útil es -158 metros perforados, se tiene una pérdida de 190 US \$ y la incidencia de pérdida es de 2% del total de metros perforados de la unidad Carahuacra.

✓ **Análisis comparativo del año 2018 mina Carahuacra**

En el siguiente cuadro se muestran los metros perforados, el consumo de piezas de perforación y la incidencia en pérdidas de los equipos para taladros largos unidad Carahuacra del año 2018.

Tabla N. 21

*Metros perforados y consumo del 2018 mina Carahuacra*

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO					
MESES	METRO PERFORADO (m)	CANTIDAD DE CONSUMO TALADROS LARGOS	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA (US \$) *	INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%) *
				OPTIMIZACIÓN (US \$)	INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)
POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN					
Feb-18	20,581	102	-47	-56.4	-6%
Mar-18	19,952	102	-157	-188.4	-21%
Abr-18	18,658	99	-327	-392.4	-44%
May-18	21,082	102	-222	-266.4	-30%
Jun-18	19,126	89	231	277.2	31%
Jul-18	20,706	98	65	78	9%
Ago-18	24,074	110	102	122.4	14%
Set-18	17,102	89	212	254.4	28%
Oct-18	19,029	90	212	254.4	28%
Nov-18	16,631	79	186	223.2	25%
Dic-18	16,677	78	152	182.4	20%
Ene-19	18,224	92	341	409.2	46%
<b>PROMEDIO MENSUAL POR AÑO</b>	<b>19320</b>	<b>94</b>	<b>62</b>	<b>75</b>	<b>8%</b>

Del cuadro se muestra, en resumen, el análisis de la vida útil de la columna de piezas de perforación, *shank adapter*, barra, broca y rimadora todos suman una vida útil de 3750 metros perforados, al comparar con el rendimiento en los meses respectivos

durante el año del 2018, nos da las pérdidas mensuales, las pérdidas se detallan con cifras negativas y color amarillo y en los meses que no hubo pérdidas están con cifras positivas respectivamente.

En la siguiente figura sobre la base del cuadro se muestra la comparación de los metros perforados correspondiente a cada mes y el consumo de piezas que se tuvo de forma general en la columna de perforación de los equipos para taladros largos del año 2018.

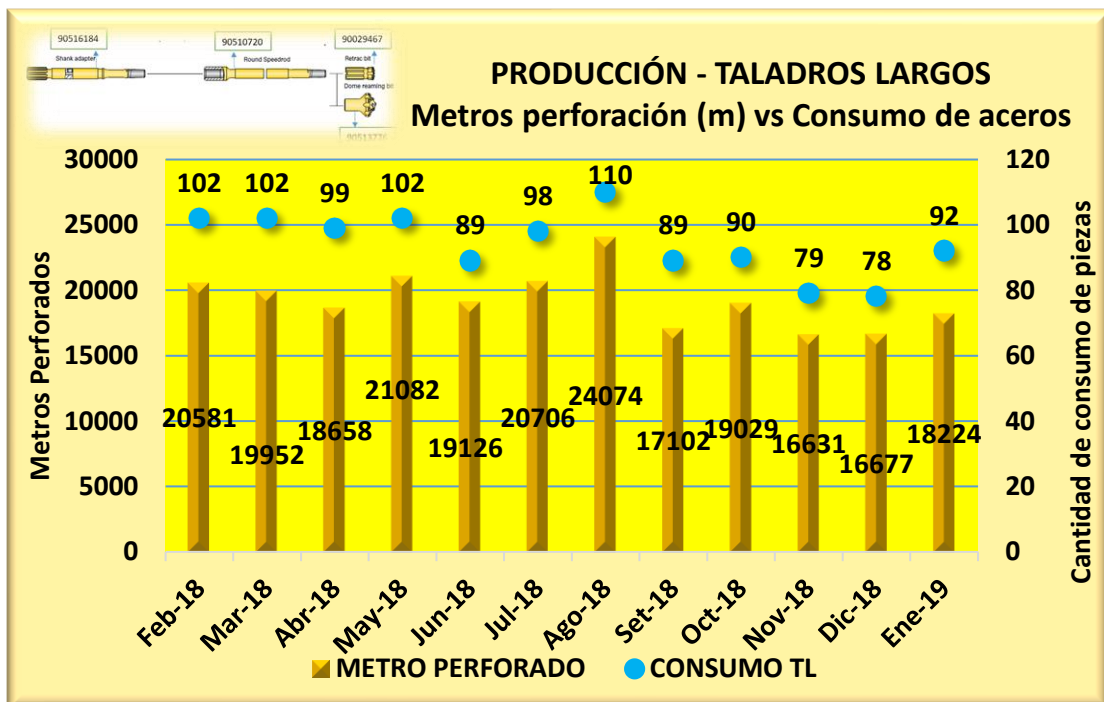


Figura N. 36. Comparación de metros perforados en relación al consumo de piezas de perforación del año 2018.

**Análisis.** El gráfico 10 muestra que en los meses de febrero 2018, marzo 2018, abril 2018 y mayo 2018 son en promedio 63 metros perforados en pérdida, en dichos meses se redujo considerablemente la estadística, respecto al año anterior, por lo que se tienen un consumo de piezas de 93 menores respecto al año anterior, las piezas mayormente en brocas, barra y *shank adapter* que para mejorar el rendimiento se tuvo que realizar lo siguiente acciones:

- Informar a los operadores acerca de los parámetros de perforación e influencia en el macizo rocoso en las propiedades de la misma dureza, contextura y abrasividad
- Informar al área de mantenimiento para el oportuno mantenimiento del equipo y evitar que los equipos de perforación trabajen fuera del ciclo de mantenimiento.
- Las brocas por ser la primera pieza de perforación que entra en contacto con el macizo rocoso es primordial tener control del desgaste prematuro esto genera posterior desgaste por rotura o fallas prematuras.

En la siguiente tabla se muestra los metros perforados y el consumo de piezas de perforación y la incidencia en pérdidas del equipo Simba S7D para taladros largos de la unidad Carahuacra-Veta Mary del año 2018.

Tabla N. 22

*Metros perforados por actividad y equipo-Veta Mary del año 2018*

<b>METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO-VETA MARY</b>					
<b>MESES</b>	<b>METRO PERFORADO (m)</b>	<b>CANTIDAD DE CONSUMO TALADROS LARGOS</b>	<b>DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL</b>	<b>PÉRDIDA (US \$)*</b>	<b>INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%)*</b>
				<b>OPTIMIZACIÓN (US \$)</b>	<b>INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)</b>
				<b>POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN</b>	
<b>PROMEDIO MENSUAL-Veta Mary</b>	<b>5,207</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>2%</b>
<b>Incidencia porcentual de total</b>	<b>27%</b>	<b>26%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>	

Del cuadro se muestra, el promedio mensual de metros perforados de la Veta Mary con el equipo Simba S7D, la cantidad de consumo de aceros, y la diferencia del

rendimiento de aceros en relación a la vida útil es 16 metros perforados, se tiene una optimización en reducción de costos de 19 US \$ y la incidencia de optimización es de 2% del total de metros perforados de la unidad Carahuacra.

### **2.3.15 Comparación del programa de producción en toneladas, metro perforado y costo total por mes para cada equipo**

#### **1. Comparación de los metros perforados y el consumo de piezas de perforación para el método de minado Bench and Fill**

En la valorización de los metros perforados se tiene el precio unitario para la perforación en taladros largos en el trabajo para este método de explotación. El precio unitario es de \$1.20 por metro perforado, este precio incluye el costo de afilado de las brocas y rimadoras utilizada. En el anexo 9 se detalla el cálculo del costo por metro perforado en la perforación de taladros largos.

#### **A. Análisis comparativo del año 2017 mina Carahuacra**

En el siguiente cuadro se muestra el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes de los equipos de perforación para los trabajos de taladros largos en producción de la unidad Carahuacra del año 2017.

Tabla N. 23

Producción, metros perforados y costo total por mes 2017

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO						
MESES	PRODUCCIÓN (TON)	METRO PERFORADO (m/p)	COSTO TOTAL (US \$)	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA (US \$) *	INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%) *
					OPTIMIZACIÓN (US \$)	INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)
POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN						
Feb-17	59,547	14,316	\$17,179	-569	-682.8	-8%
Mar-17	45,350	10,916	\$13,099	-638	-765.6	-9%
Abr-17	45,272	13,265	\$15,918	-613	-735.6	-9%
May-17	36,685	14,833	\$17,800	-1528	-1833.6	-22%
Jun-17	45,863	18,321	\$21,985	-664	-796.8	-9%
Jul-17	52,889	18,301	\$21,961	-289	-346.8	-4%
Ago-17	61,076	16,136	\$19,363	-875	-1050	-12%
Set-17	69,129	19,161	\$22,993	-475	-570	-7%
Oct-17	58,272	19,480	\$23,376	-643	-771.6	-9%
Nov-17	64,491	20,689	\$24,827	146	175.2	2%
Dic-17	69,683	19,339	\$23,207	-628	-753.6	-9%
Ene-18	74,897	23,222	\$27,866	-257	-308.4	-4%
<b>PROMEDIO MENSUAL POR AÑO</b>	<b>56,930</b>	<b>17,332</b>	<b>\$20,798</b>	<b>-586</b>	<b>-703</b>	<b>-8%</b>

Del cuadro se muestra, en resumen, el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes, el análisis del costo de la columna de piezas de perforación, el *shank adapter*, barra, broca y rimadora, toda la columna tiene un valor de costo \$ 4500, este costo incluye el costo de afilado. Al comparar con el rendimiento en los meses respectivos durante el año del 2017, nos da las pérdidas mensuales, las pérdidas se detallan con cifras negativas y color amarillo y en los meses que no hubo pérdidas están con cifras positivas respectivamente de la unidad Carahuacra.



En la siguiente figura se muestra el costo mensual de los metros perforados del año 2017.

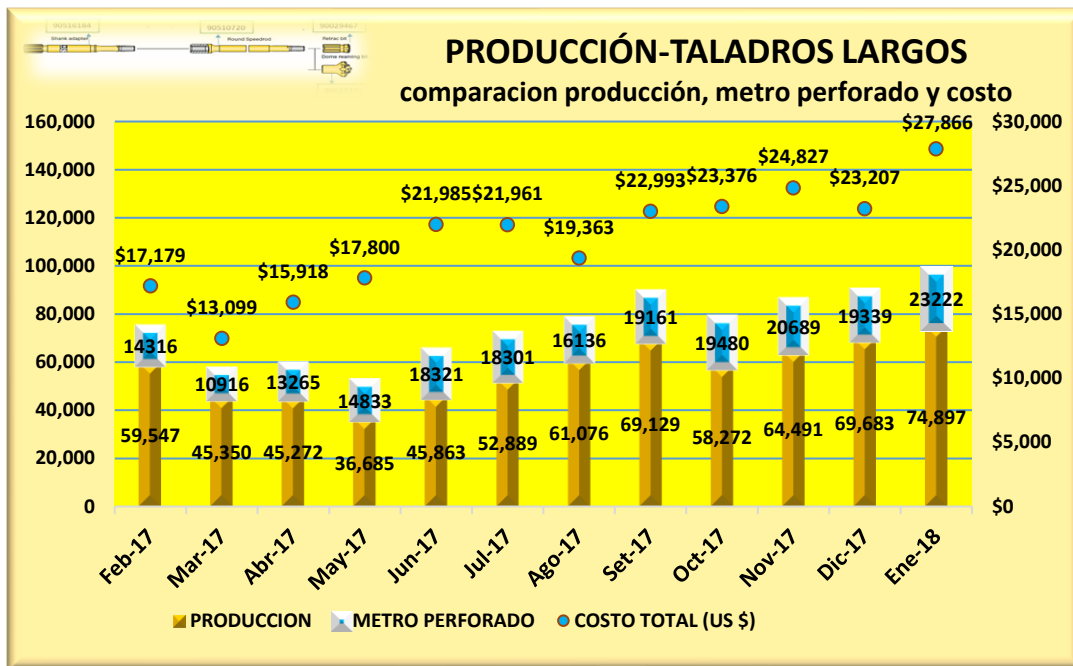


Figura N. 37. Valorización de metros perforados por mes de taladros largos del 2017.

**Análisis.** El gráfico muestra que en los meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, diciembre y enero, no llegan a la vida útil de la columna de perforación, generando pérdidas en la valorización en promedio \$ 407 en los meses respectivos correspondientes a los meses mencionados. Esto sucede por desconocimiento de los siguientes factores:

- Tipo de roca. Los parámetros de perforación se regulan de acuerdo al tipo de roca, por su dureza, contextura y abrasividad
- Equipo. Falta de mantenimiento oportuno, deficiencias de las vigas, perforadoras trabajando fuera del ciclo de mantenimiento.
- Afilado de brocas. El desgaste prematuro de los aceros y su posterior desgaste por rotura o fallas prematuras

En la siguiente tabla se muestra el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes del equipo Simba S7D para los trabajos de taladros largos en producción de la unidad Carahuacra-Veta Mary del año 2017.

Tabla N. 24

Producción en toneladas, metros perforados por actividad y equipo Simba S7D-Veta

Mary del año 2017

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO-VETA MARY						
MESES	PRODUCCIÓN (TON)	METRO PERFORADO (m/p)	COSTO TOTAL (US \$)	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA	INCIDENCIA DE
					(US \$)*	PÉRDIDAS
					OPTIMIZACIÓN	INCIDENCIA
					(US \$)	(%)*
					OPTIMIZACIÓN	OPTIMIZACIÓN
					(US \$)	(%)
POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN						
<b>PROMEDIO MENSUAL-Veta Mary</b>	11,155	4,899	\$6,031	-157	-189	-2%
<b>Incidencia Porcentual de Total</b>	20%	28%	29%	27%	27%	

Del cuadro se muestra el promedio mensual de producción en toneladas de la Veta Mary con el equipo Simba S7D, el costo total de aceros, y la diferencia del rendimiento de aceros en relación con la vida útil es -157 metros perforados, se tiene una pérdida de 189 US \$ y la incidencia de pérdida es de -2% del total de metros perforados de la unidad Carahuacra.

### B. Análisis comparativo del año 2018 mina Carahuacra

En el siguiente cuadro se muestra el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes de los frontoneros para los trabajos de desarrollo en los frentes de avance de la unidad Carahuacra del año 2018.

Tabla N. 25

Producción, metros perforados y costo total por mes 2018

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO						
MESES	PRODUCCIÓN (TON)	METRO PERFORADO (m/p)	COSTO TOTAL (US \$)	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA (US \$) *	INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%) *
					OPTIMIZACIÓN (US \$)	INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)
POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN						
Feb-18	53,729	20,581	\$24,697	-47	-56.4	-6%
Mar-18	40,919	19,952	\$23,942	-157	-188.4	-21%
Abr-18	40,849	18,658	\$22,389	-327	-392.4	-44%
May-18	33,101	21,082	\$25,298	-222	-266.4	-30%
Jun-18	41,383	19,126	\$22,951	231	277.2	31%
Jul-18	47,722	20,706	\$24,847	65	78	9%
Ago-18	55,108	24,074	\$28,889	102	122.4	14%
Set-18	62,375	17,102	\$20,522	212	254.4	28%
Oct-18	52,579	19,029	\$22,835	212	254.4	28%
Nov-18	58,190	16,631	\$19,957	186	223.2	25%
Dic-18	62,875	16,677	\$20,012	152	182.4	20%
Ene-19	67,579	18,224	\$21,868	341	409.2	46%
<b>PROMEDIO MENSUAL POR AÑO</b>	<b>51367</b>	<b>19320</b>	<b>\$23,184</b>	<b>62</b>	<b>75</b>	<b>8%</b>

Del cuadro se muestra, en resumen, el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes, el análisis del costo de la columna de piezas de perforación, el *shank adapter*, barra, broca y rimadora, toda la columna tiene un valor de costo \$4500 este costo incluye el costo de afilado, al comparar con el rendimiento en los meses respectivos durante el año del 2018, nos da las pérdidas mensuales, las pérdidas se detallan con cifras negativas y color amarillo y en los meses que no hubo pérdidas están con cifras positivas respectivamente de la unidad Carahuacra.

En la siguiente figura se muestra el costo mensual de los metros perforados del año 2018.

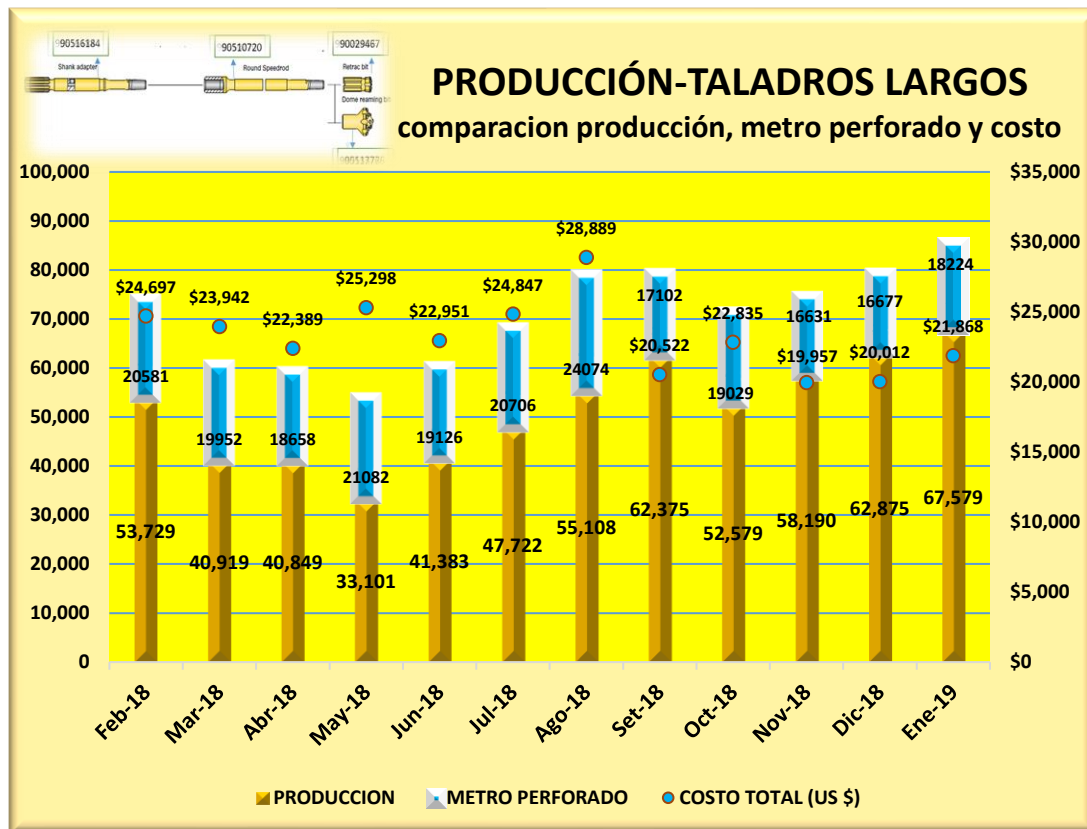


Figura N. 38. Valorización de metros perforados por mes de taladros largos del 2018.

**Análisis.** El gráfico se muestra que en los meses febrero, marzo, abril y mayo, no llegan a la vida útil de la columna de perforación, generando pérdidas en la valorización en promedio \$ 43 en los meses respectivos correspondientes a los meses mencionados. para mejorar el rendimiento se tuvo que realizar lo siguiente acciones de mejora:

- Informar a los operadores acerca de los parámetros de perforación e influencia en el macizo rocoso en las propiedades de la misma dureza, textura y abrasividad
- Informar al área de mantenimiento para el oportuno mantenimiento del equipo y evitar que los equipos de perforación trabajen fuera del ciclo de mantenimiento.
- Las brocas por ser la primera pieza de perforación que entra en contacto con el macizo rocoso es primordial tener control del desgaste prematuro esto genera posterior desgaste por rotura o fallas prematuras.

En la siguiente tabla se muestra el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes del equipo Simba S7D para los trabajos de taladros largos en producción de la unidad Carahuacra-Veta Mary del año 2018.

Tabla N. 26

*Producción en toneladas, metros perforados por actividad y equipo Simba S7D-Veta Mary del año 2018*

METROS PERFORADOS POR ACTIVIDAD Y EQUIPO-VETA MARY						
MESES	PRODUCCIÓN (TON)	METRO PERFORADO (m/p)	COSTO TOTAL (US \$)	DIFERENCIA DEL RENDIMIENTO DE ACEROS Y LA VIDA ÚTIL	PÉRDIDA (US\$)*	INCIDENCIA DE PÉRDIDAS (%)*
					OPTIMIZACIÓN (US \$)	INCIDENCIA OPTIMIZACIÓN (%)
					POR CADA COLUMNA DE ACEROS DE PERFORACIÓN	
PROMEDIO MENSUAL-Veta Mary	12,940	5,207	\$6,028	16	20	2%
Incidencia Porcentual de Total	25%	27%	26%	25%	26%	

Del cuadro se muestra, el promedio mensual de producción en toneladas de la Veta Mary con el equipo Simba S7D, el costo total de aceros, y la diferencia del rendimiento de aceros en relación a la vida útil es 16 metros perforados, se tiene una optimización en reducción de costos de 20 US \$ y la incidencia de optimización es de 2% del total de metros perforados de la unidad Carahuacra.

**C. Análisis de la optimización del costo por metro perforado de los años 2017 y 2018.**

En el año 2018 se tuvo una reducción de pérdidas del costo en los metros perforados considerable en un 11% respecto al año 2017. Asimismo, la optimización en el rendimiento de metros perforados respecto del año 2017 y del año 2018 es de 535 metros perforados. Además, la optimización en el costo metro perforado al aumentar el rendimiento de las piezas de perforación por mes es de 364 US\$.

### **2.3.16 Rendimientos del afilado de las brocas y rimadoras de perforación de la unidad Carahuacra**

La importancia del afilado de las brocas y rimadoras tiene suma importancia, nos ayuda a incrementar la vida útil y la línea de varillaje, también ayuda a aumentar la velocidad de penetración promedio durante la vida de la broca.

El rendimiento promedio mensual para los tres equipos de perforación durante el año 2017 y 2018. Se desarrolló en función al rendimiento de cada broca e rimadora, para cada equipo de trabajo, una vez utilizada la broca nueva en la perforación cuenta con un metraje perforado, sin aguzar y se aprecia un desgaste del inserto y otros daños.

Para prolongar la vida útil de la broca se realiza el aguzado, es económico realizar el aguzado con frecuencia en las siguientes condiciones, antes que aparezcan las microfisuras, antes que ocurra la rotura de los insertos, antes que los planos de desgaste sean mayores a un tercio del diámetro del inserto, antes que la velocidad de penetración disminuya y antes que la desviación del taladro este fuera de control.

Todos estos acontecimientos mencionados anteriormente son por las condiciones geomecánica del macizo rocoso, los factores y parámetros de perforación y condiciones del equipo de la unidad minera Carahuacra. A continuación, se detalla el rendimiento de cada broca sin aguzar y aguzado para cada equipo de perforación de acuerdo a cada actividad ya sea en sostenimiento frentes de avance y producción taladros largos.

#### **1. Rendimiento promedio obtenido de los años 2017 y 2018 del sistema de afilado de brocas de 64 mm y rimadoras 127 mm**

En el siguiente gráfico se detalla el rendimiento promedio de la broca retráctil DC T38 X 64 mm esférico y rimador domo T38 X 127 MM Esférico de marca Epiroc en comparación a la vida útil para el método de minado Bench and Fill.

Tabla N. 27

Comparación de rendimientos de broca y rimadora afilada del año 2017 y 2018 unidad Carahuacra

COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE BROCA Y RIMADORA AFILADA				
Promedio Mensual General Taladros Largos	DESCRIPCIÓN		PROMEDIO MENSUAL 2017	PROMEDIO MENSUAL 2018
	BROCA RETRAC DC T38 X 64 mm ESF ( unidades)		36	38
	RIMADORA DOMO T38 X 127 mm ESF ( unidades )		3	2
	<b>Metros. Perforados</b>		<b>17332</b>	<b>18784</b>
	<b>Metros. Rimados</b>		<b>879</b>	<b>535</b>
	RENDIMIENTO O SIN AFILADO (m/p)	Broca Retrac Dc T38 X 64 mm Esf	301	306
		Rimadora Domo T38 X 127 mm Esf	182	221
	RENDIMIENTO AFILADO (m/p)	Broca Retrac Dc T38 X 64 mm Esf	184	188
		Rimadora Domo T38 X 127 mm Esf	111	136
	<b>Vida Útil de broca y rimadora (m/p)</b>			
Broca 500 c/u	<b>RENDIMIENTO TOTAL POR BROCA 64 mm (m/p)</b>	<b>485</b>	<b>494</b>	
Rimadora 350 c/u	<b>RENDIMIENTO TOTAL POR RIMADORA 127 mm (m/p)</b>	<b>293</b>	<b>357</b>	

En el cuadro se detalla la comparación promedio mensual del año 2017 y 2018 de los equipos para los trabajos de producción taladros largos como se detalla en el siguiente cuadro:

- Los metros perforados en el año 2018 son mayores para la broca de 64 mm es de 1452 metros y en la rimadora 127 mm es menor en 344 metros, debido a que se realizaron mayores taladros de producción y menores taladros de alivio.

- El consumo de brocas en el año 2018 es mayor en dos unidades en la broca de 64 mm y menor en una unidad en la rimadora 127 mm respectivamente. La disminución y aumento es directamente proporción a los metros perforados.
- En el comparativo del cuadro el año 2018 se tiene un incremento mayor, en 9 metros perforados más de la vida útil en la broca 64 mm y en la rimadora 127 mm en 64 metros perforados en comparación al año anterior.

En la siguiente figura se ve la comparación de brocas de 64 mm afilada y sin afilar.



Figura N. 39. Comparación de brocas de 64 mm sin afilar y afilada

Se debe afilar cuando haya cumplido su intervalo de afilado, se haya formado una cara plana, el desgaste sea de un  $\frac{1}{3}$  del diámetro del inserto, al formarse la famosa piel de serpiente, se tiene los insertos demasiado sobre expuestos o exista daños en los insertos.

En la siguiente figura se detalla el rendimiento promedio mensual por año de la broca Retrac DC T38 X 64 mm y rimadora Domo T38 X 127 mm comparado con la vida útil de la broca y rimadora.



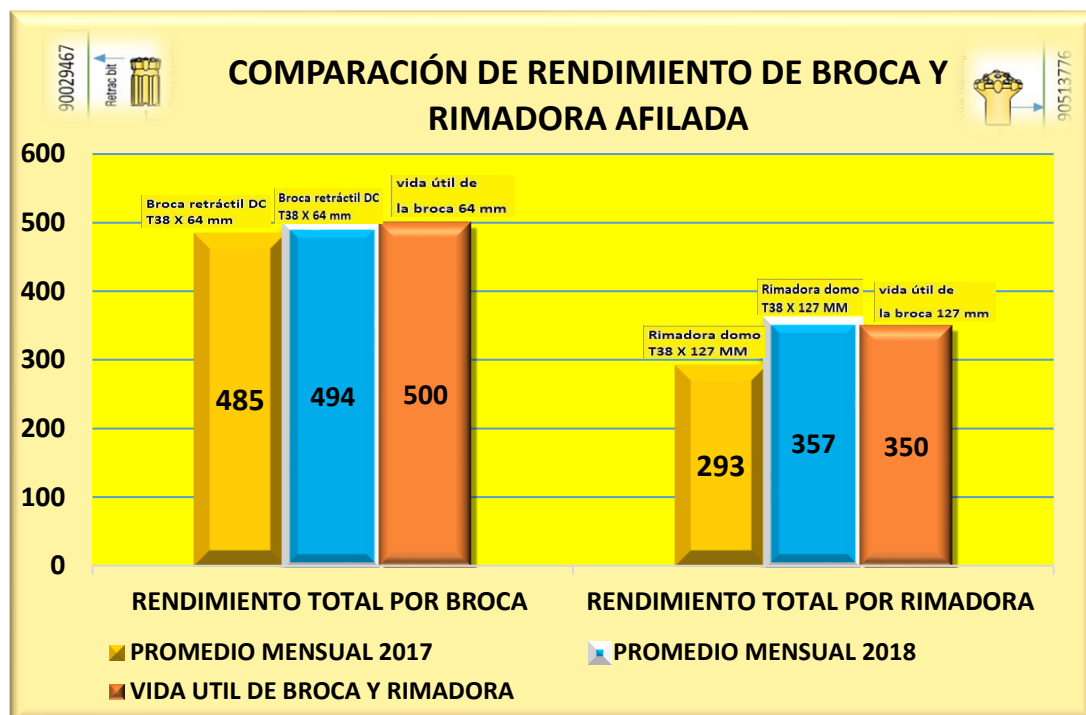


Figura N. 40. Comparación de rendimientos de broca y rimadora del año 2017 y 2018.

**Análisis.** El gráfico 4 muestra el rendimiento del 97% de la broca 64 mm y 84% de la rimadora de 127 mm, respecto al año 2017 y del 99% de la broca de 51 mm y 102% para la rimadora 127 mm para el 2018. Asimismo, en el año 2017, el rendimiento promedio mensual para las brocas de 64 mm fue de 97% respecto a la vida útil de la misma y para la rimadora de 127 mm de 84% respecto a la vida útil de la misma de la unidad Carahuacra.

Además, en el año 2018, el rendimiento promedio mensual para las brocas de 64 mm fue de 99% respecto a la vida útil de la misma y para la rimadora de 127 mm de 102% respecto a la vida útil de la misma de la unidad Carahuacra.

La optimización en el rendimiento de metros perforados para la broca de 64 mm es de 10 metros perforados. Mientras que la optimización en el costo para la broca de 64 mm es de 11 US\$. Asimismo, la optimización en el rendimiento de metros perforados para la rimadora de 127 mm es de 64 metros perforados. De igual manera, la optimización en el costo para la rimadora de 127 mm es de 76 US\$.

### 2.3.17 Performance anual de la perforación en la Unidad Productora Carahuacra

Los trabajos de perforación para taladros largos la unidad productora Carahuacra, utilizan cuatro equipos, el J-308 (Boomer 281-Híbrido), J-309 (Simba H1254), J-310 (Simba S7 C), J-314 (H1257-Híbrido) y J-316 (Simba S7D) para las vetas programadas en la unidad minera .

En el cuadro se presenta de manera resumida la producción en toneladas, los metros perforados, consumo total de todos los aceros de perforación (brocas, rimadoras, barras, acoples y culatines) para la actividad de perforación de producción con taladros largos en el método de minado Bench and Fill, el costo total se calcula de acuerdo al precio unitario, en el cálculo se considera para la perforación de taladros largos un precio unitario de 1.20 \$/metro perforado, en este costo unitario de metro perforado ya está incluido el costo de afilado de las brocas y rimadoras \$/metro perforado. En el anexo 9 y 10 se detalla el cálculo del metro perforado para la perforación de frentes de avance y el metro perforado para la perforación de taladros largos.

Tabla N. 28

*Comparativo de rendimientos de la vida útil de aceros del año 2017 y 2018*

<b>AÑO</b>	<b>AÑO 2017</b>	<b>AÑO 2018</b>
Producción (Ton)	870,083	1,084,723
Metro Perforado (M)	382,116	406,181
Consumo De Aceros De Perforación Total (Unidades)	1,855	1,898
Costo Total US\$ De Aceros	\$458,539	\$487,417
<b>ÍNDICES DE OPERACIÓN</b>		
Índice De Producción / Metro Perforado	2.28	2.67
Índice De Producción / Consumo De Aceros	469	572
Índice De Producción / Costo Total De Aceros	1.90	2.23
Incremento Porcentual De La Vida Útil	100.00%	103.87%

El rendimiento de vida útil total de aceros de perforación del año 2017 frente al 2018 tiene un incremento del 3.87% frente al año anterior. Se tiene una optimización en reducción de costos del rendimiento para el año 2018 es 10 US\$ por cada acero de perforación en este año

En siguiente cuadro se muestra la comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 de los equipos de perforación para el trabajo de producción en la perforación de taladros largos de la unidad minera Carahuacra.

Tabla N. 29

*Comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 de los equipos de perforación*

<b>INCREMENTO DE RENDIMIENTO COSTOS POR CADA ACERO DE PERFORACIÓN</b>	<b>AÑO 2017</b>	<b>AÑO 2018</b>	<b>INCREMENTO DEL COSTO DEL 2018</b>
Costo anual US\$	\$469,476	\$487,645	\$18,168.72
Costo por mes US\$	\$15,649	\$16,255	\$605.62

Del cuadro se observa, la optimización en reducción de costos del rendimiento de aceros para el año 2018 es de \$18,168.72 anual y \$605.62 mensual.

En siguiente figura se muestra la comparación del incremento del rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 en relación a cuánto asciende por año y mes respecto al año 2018 a los equipos de perforación en el trabajo de producción en la perforación de taladros largos de la unidad productora Carahuacra.

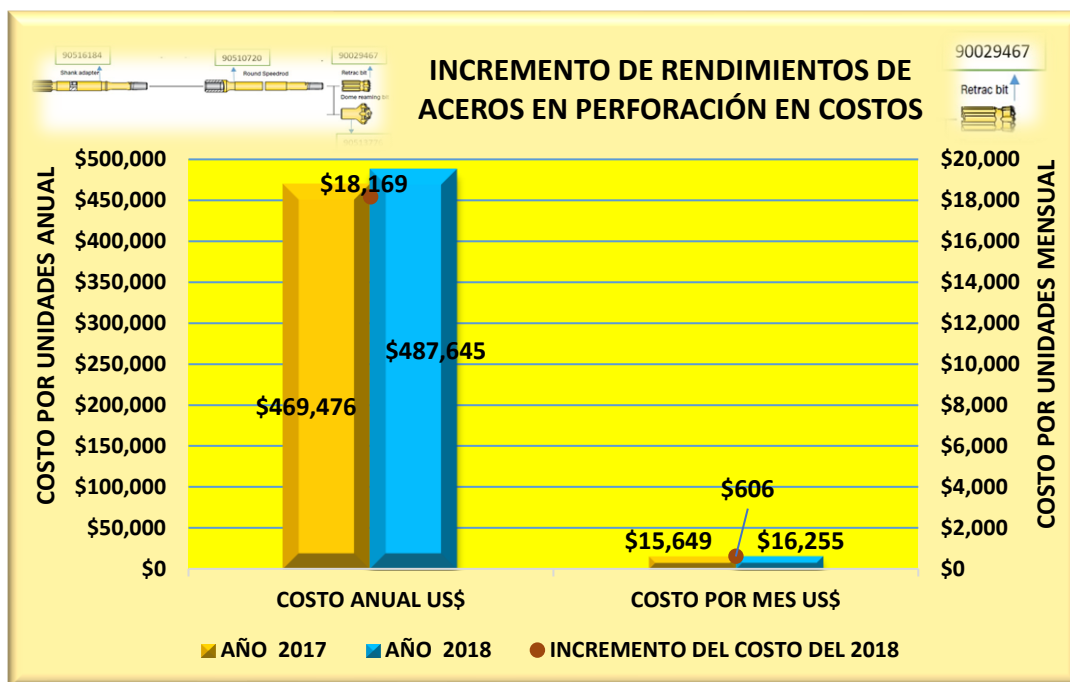


Figura N. 41. Comparación del incremento de rendimiento en costos anual y mensual de los equipos de perforación de la unidad Carahuacra.

**Análisis.** En el gráfico se muestra el incremento para el año 2018 para los equipos de perforación utilizados en la Unidad minera Carahuacra. Además, se tiene una optimización en reducción de costos del rendimiento de aceros para el año 2018 es de \$18,169 anual y \$606 mensual.

## 2.4 Definición de Términos

### 2.4.1 Contrato metro perforado

Es un método de gestión (control) del varillaje utilizado, el cual permite reducir los costos de perforación a través de la supervisión, control y distribución de los aceros al cliente, con un equipo especializado de personas que se encargarán de optimizar al máximo los recursos con el fin fundamental de incrementar la productividad. (16)

### 2.4.2 Mantenimiento de aceros

El mantenimiento de los aceros se realiza mediante el aguzado de brocas. El objetivo del afilado es devolver la forma al inserto y quitar la piel de serpiente (microfracturas) de la superficie del inserto. (16)

### **2.4.3 Columna de perforación**

Es el conjunto de broca, barra, acople y *shank*, de las cuales la broca es la pieza de alto costo de la columna de perforación por eso es muy importante su control y mantenimiento. (16)

### **2.4.4 Supervisión de campo**

Es la visita o revisión de las condiciones de funcionamiento de los equipos para la detección de problemas oportunos: (columna de perforación, regulación de presiones, *dowell*, centralizadores, etc.). (16)

### **2.4.5 Evaluación de roturas y daños**

El personal de campo tiene la capacidad de realizar las evaluaciones respectivas en caso de roturas prematuras o daños ocasionado a los aceros, ya sea por operación, regulación de presiones, mantenimiento de los equipos, condiciones geológicas, etc. (16)

### **2.4.6 Intervalo de afilado**

Se llama intervalo de afilado a la rotación o reemplazo inmediato de las brocas cuando estas presentan 1/3 de desgaste de su diámetro. (17)

### **2.4.7 sobre perforación**

Cuando las brocas presentan más del 1/3 de desgaste, se le denomina sobreperforación lo que origina una vida más corta de brocas y brocas rimadoras. (17)

### **2.4.8 Estadísticas de vida útil**

Si realizamos una rotación de brocas de manera adecuada y de acuerdo al tipo de dureza de la roca, el rendimiento de los aceros serán los más óptimos y además reduciremos los tiempos de perforación y se reducirán el costo de mantenimiento del equipo es el sistema de perforación. (17)

## **CAPÍTULO III: MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **3.1 Método y Alcances de la Investigación**

#### **3.1.1 Método general o teórico de la investigación**

Se emplea como método general el método deductivo y analítico. Método deductivo, es decir, se deduce qué uso de aceros de perforación es el ideal para la mina. Además, se analizará mediante datos de campo in situ qué equipo se ha utilizado. El método analítico se utilizó para investigación de la altura de perforación de producción del método de minado Bench and Fill.

#### **3.1.2 Método específico de la investigación**

A partir de la información general de la geología, la geomecánica y el área de operaciones de acuerdo a la programación de planeamiento, que establece día a día, mes a mes en el periodo a corto plazo o largo plazo, se recopiló datos de la perforación del equipo sus factores y parámetros en la labor in situ. Asimismo, se analizará el método de explotación en la desviación y la altura de perforación por métodos prácticos se determinó los rendimientos de los aceros y la altura ideal de perforación para este método de explotación.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

#### **3.2.1 Tipo de diseño de investigación**

Es un tipo de Investigación aplicada, porque el objetivo de la investigación es determinar que aceros de perforación se puede aplicar para la empresa, reducir las desviaciones, tener una longitud de perforación ideal y aumentar la producción para evitar paradas operativas en el método de minado utilizado de minado Bench And Fill.

#### **3.2.2 Nivel de investigación**

Es de nivel explicativo y tecnológico, ya que existe un interés en explicar una relación en el comportamiento entre las variables. En ese sentido se trata de explicar de qué manera la optimización del uso de aceros de perforación influye en el método de minado Bench And Fill por medio de la interrelación de variables, factores y parámetros de perforación y el control y por último la estandarización.

### **3.3 Población y Muestra**

#### **3.3.1 Población**

La unidad de producción Carahuacra correspondiente a una de las unidades productoras de la empresa Volcan Compañía Minera SAA.

#### **3.3.2 Muestra**

Está conformada por el TJ 120E en el nivel 1120 de la veta Mary de la empresa Volcan Compañía Minera SAA.

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

En la presente investigación se realizará la recolección de datos en campo in situ mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en la operación de perforación.

Para la recolección de datos de la perforación, los factores, los parámetros, el control de uso y el consumo se utilizó hojas de cálculo para el almacenamiento de datos, se usó tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop para el procesamiento de los datos.

#### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo. Cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de la empresa de Epiroc.

### **3.5 Método y Procedimientos para la Recolección de Datos**

El proceso y la metodología se muestran en un gráfico cíclico de optimización de los aceros de perforación como se observa:



Figura N. 42. Proceso y metodología de la optimización de aceros de perforación.

La secuencia utilizada es circular y enfocada al mejoramiento continuo del proyecto. En el presente trabajo de investigación se determina la optimización del uso de aceros de perforación para el método de minado Bench And Fill que se detalla a continuación

**i. Identificar el área de mayor influencia generadora de pérdidas (recopilación de datos)**

La unidad minera Carahuacra está compuesta por el sistema de vetas conformado por las siguientes: veta Mary, Ramal Mary, Yanina, M.L., Ruth, Carmen, Lourdes, Penélope, etc., siendo las de mayor extensión la veta Mary y M.L.

En el tajeo 120 E-W del nivel 1120, se hizo el reconocimiento de las labores: GL\_720(P-0), SN\_721(P-1), SN\_722(P2), SN\_703(P3), en dichas labores son en las que genera mayores pérdidas en la perforación, por ello, se realizó un estudio geomecánico para la obtención de las características del macizo rocoso, esto para determinar la altura



de banco óptimo, tipo de sostenimiento según el tipo de roca evaluado con el GSI Modificado y la clasificación geomecánica Bieniawski. Para evitar inconvenientes al momento de aplicar la perforación.

## **ii. Centrarse en el área específico para optimizar**

Es importante hallar el área generadora de pérdidas de aceros en la perforación del macizo rocoso y recopilar datos para la mejora continua. Asimismo, se busca el comportamiento del macizo rocoso para el método de minado por Bench and Fil en la perforación por taladros largos en el TJ 120E-W de la veta Mary, cuyas encajonantes tienen una valoración del RMR de 40-45, y la estructura mineralizada de 30-35.

El tajeo 120E-W NV 1120 a 600 metros en vertical con respecto a la superficie está ubicada entre las siguientes labores: GL\_ 720 (P-0), SN\_ 721 (P-1), SN\_722 (P2), SN\_703 (P3) y superior a esta se tiene un puente de seguridad de seis metros. Además, las alturas de bancos están dimensionadas a 15m entre cada subnivel. También, la perforación se realiza con el equipo Simba S7D para taladros largos y para frentes de avance en la preparación se utiliza el equipo Boomer S1D.

Asimismo, el comportamiento que ofrecerá el macizo rocoso como respuesta a las aberturas ocasionadas por la explotación, ofrece un factor de seguridad mínima (FS=1), valor aceptable para labores temporales. De igual forma, el sostenimiento implementado en estos subniveles son Shotcrete 2"+pernos Split set 7 pies, a espaciamiento de 1.8x1.8m (sostenimiento a 80%), y en tramos donde la estructura mineralizada presenta geodas con bloques separados, con presencia de agua y alteración el sostenimiento aplicado es SH2" con malla y pernos Split set 7 pies. El equipo de perforación empleado es el Boltec S.

## **iii. Analizar los parámetros y factores involucrados en el área elegido**

El tajeo 120E-W NV 1120 se analiza de forma deductiva, de lo general a lo particular. Para esto los parámetros generales que se tienen son la producción, perforación y voladura, equipos de carga, equipos de transporte y equipos auxiliares, utilizados en el tajeo, como se presenta en el siguiente organizador:

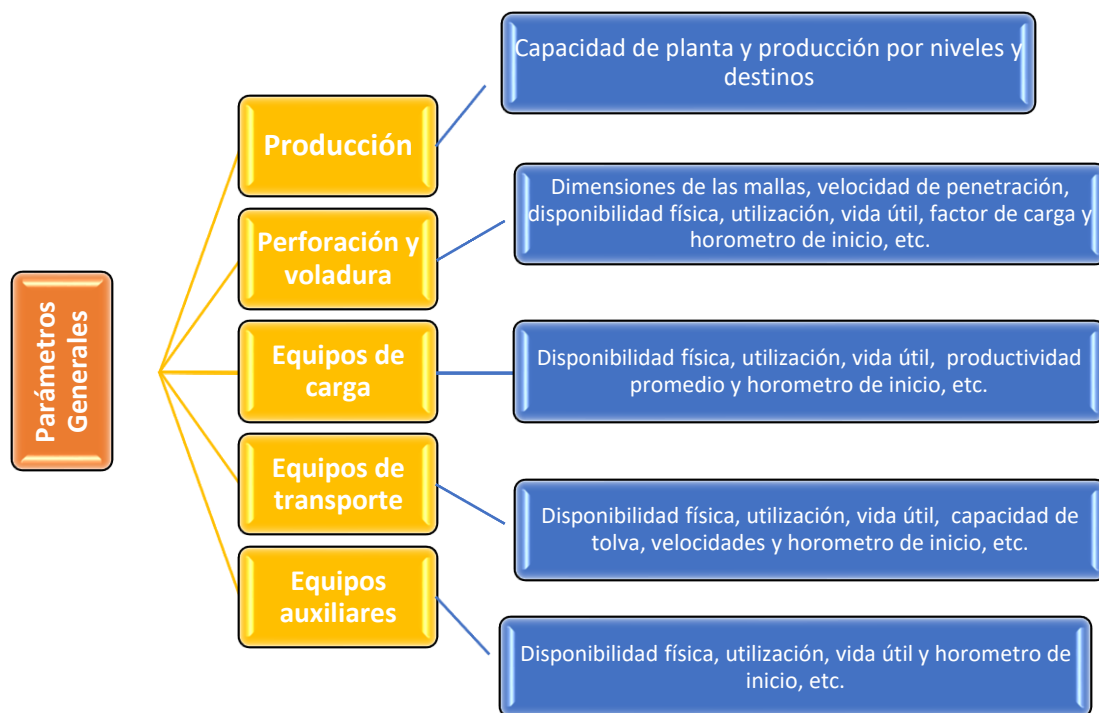


Figura N. 43. Parámetros generales, perforación y voladura. Tomado del “Curso de equipos de perforación en minería subterránea-criterios de selección y optimización operativa”, por J. López, 2015

Del organizador de parámetros generales se tomará en cuenta el análisis general de parámetros de perforación y voladura, las cuales se enfocan en la investigación. Además, se elegirá la perforación del TJ 120 E-W, para los tres trabajos de perforación en taladros largos, frentes de avance y en la perforación de pernos de anclaje en el sostenimiento de labores.

En el siguiente cuadro se presenta un análisis de los parámetros y factores de los equipos de perforación en comparación a los tres equipos utilizados en la Veta Mary. Las características básicas de los equipos de perforación utilizados en la unidad minera Carahuacra. Para esto se analizaron tres equipos de trabajo como se muestra en lo siguiente:

Tabla N. 30

*Modelo de análisis de comparación de parámetros y factores de perforación de los equipos*

<b>Perforadoras de avance (túneles y galerías de avance)</b>	<b>Perforación de taladros largos (taladros de producción, drenaje y otros)</b>	<b>Perforación para bulonado (perforación para la colocación de pernos de sostenimiento)</b>
Equipos para frentes de avance (ejemplo el equipo boomer S1D)	Equipos para taladros largos (ejemplo el equipo Simba S7D9)	Equipos para sostenimiento (ejemplo el equipo boltec s)
Dirección de perforación 	Dirección de perforación 	Dirección de perforación 
Barrido con agua	Barrido con agua	Barrido con agua
Perforación horizontal	Peso de sarta de perforación	Perforación vertical fundamentalmente.
La energía de impacto no precisa alta variabilidad. Se adapta a barrenos de 51 mm de diámetro	La energía de impacto debe variar: pasa de 64 mm y un número de acoplamiento de hasta 20.	La energía de impacto no tiene mayor variabilidad. Normalmente, se adapta a barrenos de 38 mm de diámetro.
Ángulo de divergencia (menor grado posible)	Longitud de carrera de pistón ajustada.	Es probable que el varillaje de perforación no soporte elevadas energías de impacto
El porcentaje del tiempo de perforación es elevado (-70%)	El porcentaje del tiempo de perforación es alta (>55%)	El porcentaje del tiempo de perforación es alto (>55%)
Elevada demanda de sistema de control de la perforación	Elevada demanda de sistema de control de la perforadora.	Menos requerimientos para el sistema de control de la perforación
Una perforadora rápida y precisa es más importante en túneles, que en minería	La rectitud de los barrenos es importante.	La rectitud de los barrenos es menos importante (son normalmente barrenos cortos).
	Par de rotación elevado Frecuentemente, se emplea el extractor de varillas.	

Este cuadro ayuda a comparar los tres equipos de perforación utilizados en el TJ 120 E-W de la unidad Carahuacra.

### A. Análisis de equipos de perforación para los trabajos de perforación de la Veta Mary TJ 120 E-W

En el equipo de perforación para los tres trabajos de perforación, se evalúa los rendimientos de las brocas según la geomecánica del macizo rocoso del tipo de roca, según los parámetros y los factores de perforación óptimos para el trabajo. En el siguiente cuadro de controles de mando de la vida útil de la broca y rimadora de los equipos de perforación para los tres trabajos de perforación.

Tabla N. 31

Modelo de análisis e controles de mando de la vida útil de la broca y rimadora de los equipos de perforación para los tres trabajos de perforación

VIDA ÚTIL DE BROCA RETRAC. DC T38 X 64 mm ESF y RIMADORA DOMO T38 X 127 mm ESF (J - 310)	Litología (roca)		Roca encajonante (tipo de roca) RMR	Roca mineralizada (tipo de roca) RMR
	VIDA EN (*) (pies / metros)	Rendimiento del tipo brocas en metros		Cantidad en metros
Rendimiento de tipo de broca de rimado en metros			Cantidad en metros	Cantidad en metros
PARÁMETROS DE PERFORACIÓN (**)	Presiones (baja - alta)		Collaring (emboquillado)	Full Drilling (Percusión máxima)
	Rotación (presión - rpm)		Cantidad en bares.	Cantidad en bares.
			Cantidad de RPM	Cantidad en RPM
	Percusión		Cantidad de bares.	Cantidad de bares.
	Presión de avance		Cantidad de bares.	Cantidad de bares.
	Barrido (dumping)		Cantidad de bares.	
	Presión de agua		Cantidad de bares.	
	Presión de aire		Cantidad de bares.	
	Tiempo de perforación		Cantidad de minutos	
	Máquinas		Condiciones del equipo en operación	

(\*) Vida promedio en MCAR

(\*\*) Vida Útil bajo condiciones óptimas de trabajo (respecto a los parámetros de perforación).

Se ha de considerar roca mineralizada para los cálculos, una vida promedio para cada broca en metros/broca y para trabajos de rimado la broca rimadora se detalla en metros/broca (contar con condiciones óptimas de trabajo).

**B. Análisis y diseño de malla de la perforación de equipos de trabajo de la Veta Mary TJ 120 E-W**

El diseño de malla de perforación para trabajos de taladros largos, en frentes de avance y en sostenimiento de la Veta Mary TJ 120. Se realiza la evaluación de cada una de ellas para hallar el consumo de brocas para cada actividad los cálculos se realizan de la manera siguiente:

Tabla N. 32

Modelo de cálculo de consumo de brocas por mes según tipo de perforación

<b>✓ PIES PERFORADOS POR TALADRO POR GUARDIA DÍA Y NOCHE</b>	
Longitud de la barra de en pies	
El equipo número de barras (equipo Simba) o longitud de barra (boomer y boltec)	
<b>✓ LONGITUD DE PERFORACIÓN (según diseño mina) en metros</b>	
Total rendimiento de un mes	
Total de metros perforados	Cantidad en metros
Total de metros rimados	Cantidad en metros
Vida útil de la broca	Cantidad en metros
Vida útil de la broca rimadora	Cantidad en metros
<b>Consumo de brocas por mes</b>	<b>Cantidad en unidades</b>
<b>✓ En los trabajos de perforación del equipo (tipo de trabajo de perforación)</b>	
Por operación se tiene:	Tipo de broca según equipo de trabajo
El cambio de barra	Cantidad de broca
Para la perforación se tiene en <i>stand by</i>	Cantidad de broca
Por pérdida operacional, durante el mes de julio se reportó que la broca que se quedó en el taladro y/o cayó al buzón y entregó sin cambio	Cantidad de broca
La abrasividad por el macizo rocos generó desgaste prematuro.	Cantidad de broca
<b>Consumo de brocas al mes (guardia día y noche) = cantidad en Unidades.</b>	
<b>✓ Para el cambio de guardia el tipo de broca analizada</b>	
Quedan en <i>stand by</i> de la guardia que sale de días libres con diámetros mayores	Cantidad en unidades.
Para los que entran de días libres igual tiene en <i>stand by</i> brocas con diámetros mayores	Cantidad en unidades.
<b>N. de brocas / mes (mes cantidad en unidades. /cantidad en metros perforados) cantidad en porcentaje.</b>	
<b>El ratio de consumo de brocas para cada tipo de trabajo</b>	
<b>✓ El consumo de brocas por guardia (utilización diaria de brocas)</b>	
N. de consumo de brocas / guardia (mes cantidad en unidades * n. De brocas).	
<b>✓ El consumo total al mes</b>	
<b>N. de consumo de brocas / mes (por 2) cantidad en unidades</b>	

## 1. Plan de acción de las causas generadoras de pérdidas en relación a cada factor y parámetros involucrados

En primer lugar, se planteó cuál es el problema para analizar y cómo detectar las causas o raíces. Este problema es el elevado consumo de aceros de perforación y también el porcentaje de sobre dilución en Carahuacra.

### A. Plan de acción de las causas generadoras de pérdidas en los equipos de perforación en el elevado consumo de aceros.

El plan de acción para determinar las causas generadoras de pérdidas para el TJ 120 E-W, se puede verificar al explorar las causas de pérdida con la herramienta de la Figura N. 44 de las 5 Ms mano de obra, maquinarias y equipos, métodos, materiales y medio ambiente, se puede encontrar los problemas verdaderos para corregirlos.



Figura N. 44. Equipos de perforación, causas generadoras de pérdidas

### B. Medidas correctivas para los equipos de perforación

Una vez que se ha determinado las causas principales que generan las deficiencias más importantes en la perforación, se dan las medidas correctivas de manera que se busque la mejora en el proceso de perforación, estas son las siguientes:

- **Mano de obra.** Charlas de capacitación.
- **Materiales y herramientas.** Selección de aceros de perforación, Usar taco inerte y sopladores de taladros Técnicas de afilado, plantillas etc.
- **Máquina.** energía siempre un mantenimiento preventivo y Regulación presiones de mando.
- **Ambiente.** Mejorar la ventilación.
- **Métodos.** Seleccionar aceros apropiados Selección de explosivos y técnicas de distribución de retardos.

### C. Plan de acción de las causas generadoras de pérdidas en la operación de la perforación

En el TJ 120 E-W, se procedió a realizar un bosquejo de manera rápida de las posibles causas que están generando la sobre dilución por tema de equipos. Las cuales se plantearon en un Ishikawa como se muestra a continuación:

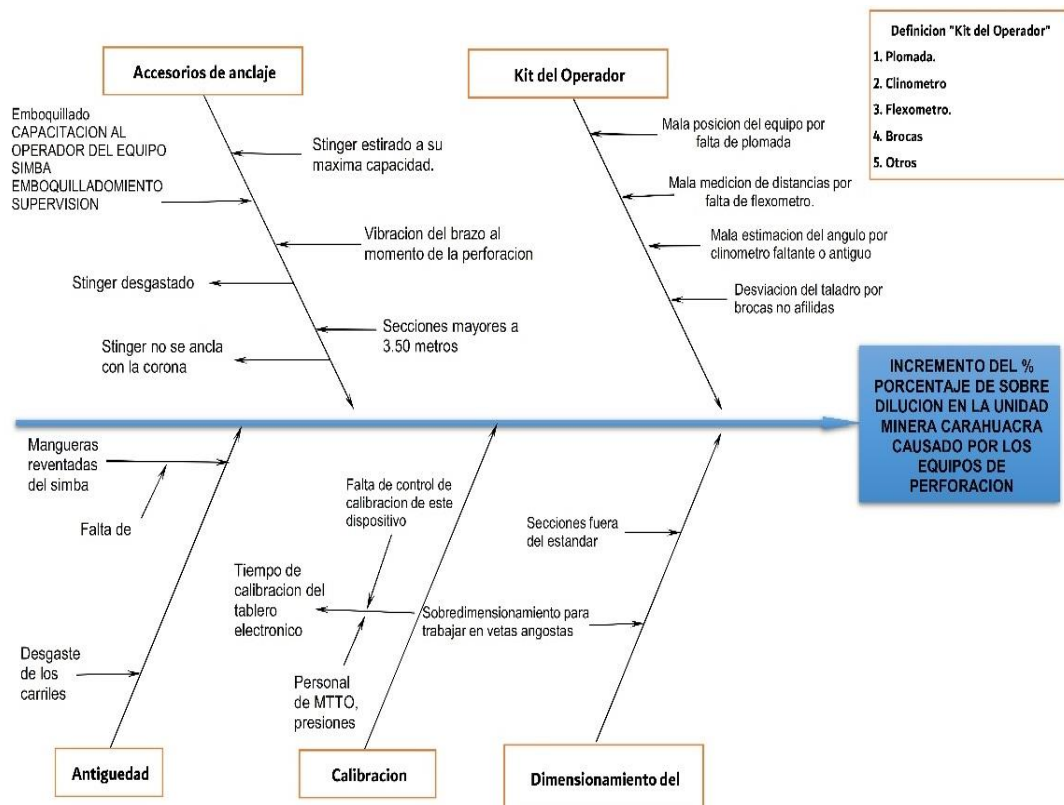


Figura N. 45. Diagrama de Ishikawa causa-efecto características claves en perforación general.



En el Ishikawa hay cinco parámetros claves de los cuales se obtendrán los problemas, estos son los siguientes:

**1. Causas de la desviación en la perforación de taladros largos**

- Excesiva Fuerza de gravedad sobre la columna.
- Mal Posicionamiento del equipo
- Mal Alineamiento
- Rigidez de la columna
- Excesiva Fuerza de avance
- La Longitud del taladro
- Estructura de la roca (geológicamente)
- Uso de broca sobreperforadas
- Desviación optima < 2%, trabajo técnico y profesional
- Desviación permisible de 2 - 5%, trabajo técnico y profesional
- Desviación mala de 5 – 8%, trabajo con problemas
- Desviación catastrófica > a 8%, trabajo con problemas

**2. Atascamiento de columna de aceros de perforación**

- Excesiva desviación del taladro.
- Deficiente sistema de barrido.
- Comunicación con otro taladro vecino.
- Comunicación con fallas geológicas, geodas y grietas.
- Atascar una columna significa una pérdida de 2500 US\$.

**2. Evaluación de riesgo y su influencia en el proceso de optimización**

Con los detalles observados en mina se replanteó el bosquejo de Ishikawa que se hizo en un principio con causas raíces verdaderas y, por otro lado, se presentó otro en las reuniones con los ingenieros de mina, planeamiento, productividad, entre otros.

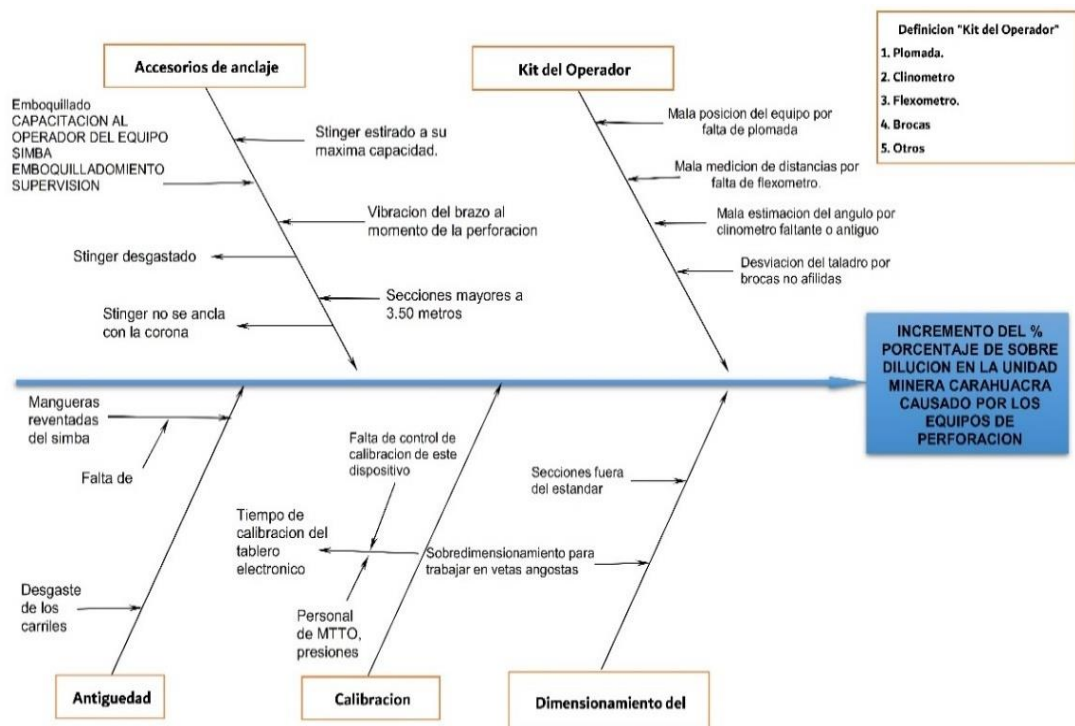


Figura N. 46. Bosquejo del problema a tratar en el Ishikawa.

### A. Desviación de taladros y su impacto en la sobre dilución

Una vez ya planeado el bosquejo del problema a tratar en el ishikawua se detalla los problemas generadores de pérdidas, para ubicar la causa que provocan dichas pérdidas y por último realizar la solución frente a ese problema evaluando estas tres variables problema, causa y solución.

### B. Pérdida de rendimientos de los aceros de perforación

Ante la pérdida del rendimiento de los aceros de perforación-Veta Mary TJ 120 E-W, los aceros de perforación tienden a fallar por varias causas que pueden ser las siguientes: operación, equipo, tipo de roca, habilidad del operador y por último deficiencias en el afilado de las brocas. Antes esta pérdida prematura de los aceros, hay la pérdida en metros perforados. Para solucionar este problema se puede capacitar a los operadores acerca de los parámetros de perforación su regulación de acuerdo al tipo de macizo rocoso en consideración a las propiedades de la misma dureza, contextura y abrasividad.

### C. Plan de acción para la optimización

Ante el escenario desfavorable para la perforación descrito en los párrafos anteriores se implementará planes de acción en los puntos mencionados anteriormente con el fin de lograr una mejora operativa de los parámetros y factores de perforación, evaluando en todos sus ángulos de influencia de cada punto mencionado sin generar efectos colaterales en proceso de mejora continua.

### 3. Evaluación de resultados en relación a la serie de valor

Sobre la base de las correcciones operativas se define la optimización del rendimiento de los aceros de perforación de la veta Mary TJ 120 E-W. en los siguiente:

#### A. Optimización del rendimiento de aceros de perforación de la Veta Mary TJ 120 E-W

El rendimiento de piezas de perforación para el Simba S7d anual y mensual se muestra en la siguiente tabla a través de la comparación de índices de operación del equipo Simba S7D anual y mensual

Tabla N. 33

*Comparación de índices de operación para el equipo Simba S7D*

AÑO
Producción (Ton)
Metro Perforado (M)
Consumo De Aceros De Perforación Total (Unidades)
Costo Total US\$ De Aceros
ÍNDICES DE OPERACIÓN
Índice De Producción / Metro Perforado
Índice De Producción / Consumo De Aceros
Índice De Producción / Costo Total De Aceros
Incremento Porcentual De La Vida Útil

De realizar la comparación del rendimiento de vida útil total del año 2017 en relación al año 2018.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Costo de perforación para el método de minado Bech and Fill en la Veta Mary Tajeo 120 E –W NV 1120

En el análisis en términos de costos de perforación para el método de minado Bench and Fill, se evaluó el análisis de la perforación durante todo el mes de diciembre del 2017, con sus respectivos parámetros de perforación, equipo y volumen de producción en toneladas. Además, se realizó la estructura de precios unitarios para el *block* mineralizado del tajeo 120 E-W del Nivel 1120, que cuenta con una inclinación de 65°. En el siguiente cuadro se muestra los parámetros respecto al *block* de mineral analizado.

Tabla N. 34

*Volumen de producción en toneladas de la Veta Mary Tajeo 120E-W NV 1120*

<b>Volumen de producción</b>	<b>24,820.41</b>	<b>ton</b>
Longitud del tajeo	192.72	m
Ancho de minado	3.18	m
Alto de banco de minado	15.00	m
Longitud del taladro	15.00	m
Densidad	2.70	ton/m3
Dilución	10	%
Recuperación	90	%

En el cuadro se muestra los parámetros del *block* mineralizado, para la obtención del tonelaje de producción de todo el *block* se tiene 4136.73 toneladas, con una dilución del 10% y una recuperación de 90% respectivamente.

En la siguiente figura se muestra el *block* de mineralizado de la Veta Mary tajeo 120 E-W Nivel 1120 con sus respectivas dimensiones.

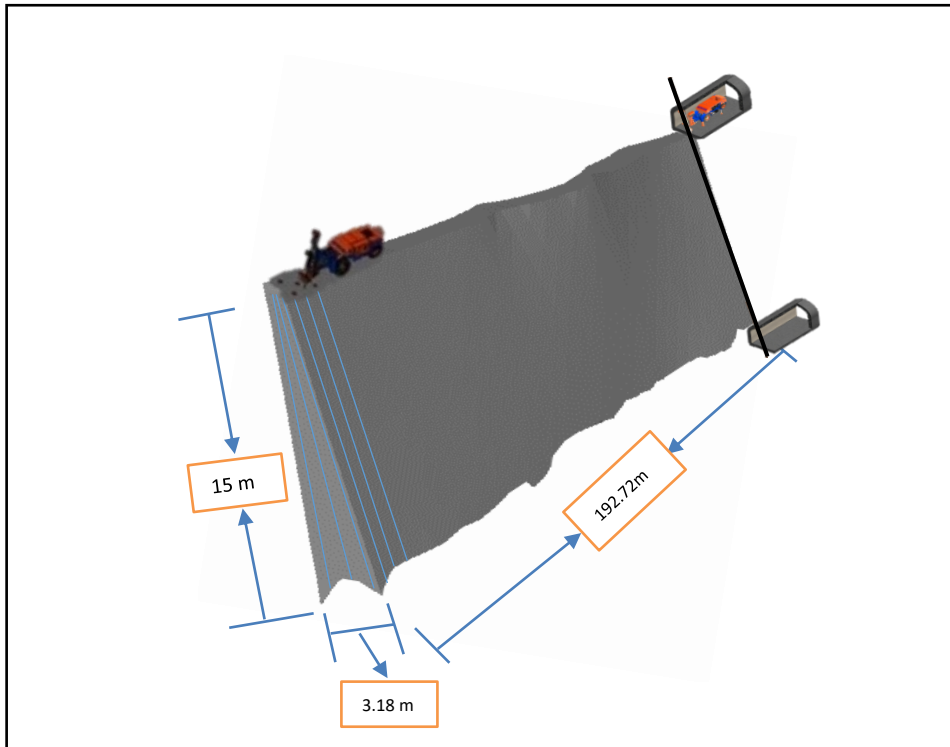


Figura N. 47. Block de mineralizado de la Veta Mary tajeo 120 E-W Nivel 1120.

En la tabla siguiente se presenta el cálculo del rendimiento del Simba S7D y Horas Trabajadas Simba-percusión, durante un mes de trabajo.

Tabla N. 35

Factores del equipo de perforación Simba S7D

EQUIPO DE PERFORACIÓN SIMBA S7D		
Velocidad de percusión	140	mp/hora
Rendimiento del Simba S7D – ( mp/mes)	5,033	mp/mes
Horas trabajadas Simba del S7D-percusión	70.00	hr/mes
Consumo de petróleo	1.50	Gal/hr
<b>Horas trabajadas Simba S7D-percusión</b>	<b>1.8</b>	<b>h/gdía</b>

En la tabla se muestra la velocidad de percusión que tiene: 140 metros perforados por hora, el rendimiento del Simba S7D es de 5,033 metros perforados por mes, relacionada a las 70 horas de trabajo del equipo y las horas trabajadas por guardia es de 1.8 horas.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de perforación para la Veta Mary Tajeo 120 E-W Nivel 1120

Tabla N. 36

Parámetros de perforación para la Veta Mary Tajeo 120 E-W Nivel 1120

<b>Perforación de producción</b>	<b>356</b>	<b>taladros/tajeo</b>
Taladros perforados-producción	336	tal/tajeo
Longitud por taladro en metros	15	m/tal
Taladros alivio	20	tal/gdía
Metros perforados (producción)	5032.5	m
Metros perforados (rimados-alivio)	300	m
Burden	1.2	m
Espaciamiento	1.5	m
Broca:	64	mm
RMR	40-45	Regular A
<b>Relación de toneladas por taladro</b>	<b>70</b>	<b>ton/taladro</b>
<b>Relación de toneladas/metros perforados</b>	<b>4.65</b>	<b>Ton/mp</b>

En el cuadro se muestra el total de taladros de perforación por realizar para extraer todo el *block* mineralizado, se tiene que realizar 356 taladros de perforación para la fragmentación de todo el tramo es de 192.72 metros.

Asimismo, la relación de toneladas por taladro, se tiene 70 t/taladro perforado, es decir, por cada taladro perforado se tiene 70 toneladas de mineral desbrozado. Además, la relación de toneladas por metro perforado es de 4.65 toneladas por metro perforado, esto es, por cada metro perforado se tiene 4.65 toneladas de mineral desbrozado.

En la siguiente figura se muestra la malla de perforación utilizada para la perforación de *block* mineralizado.

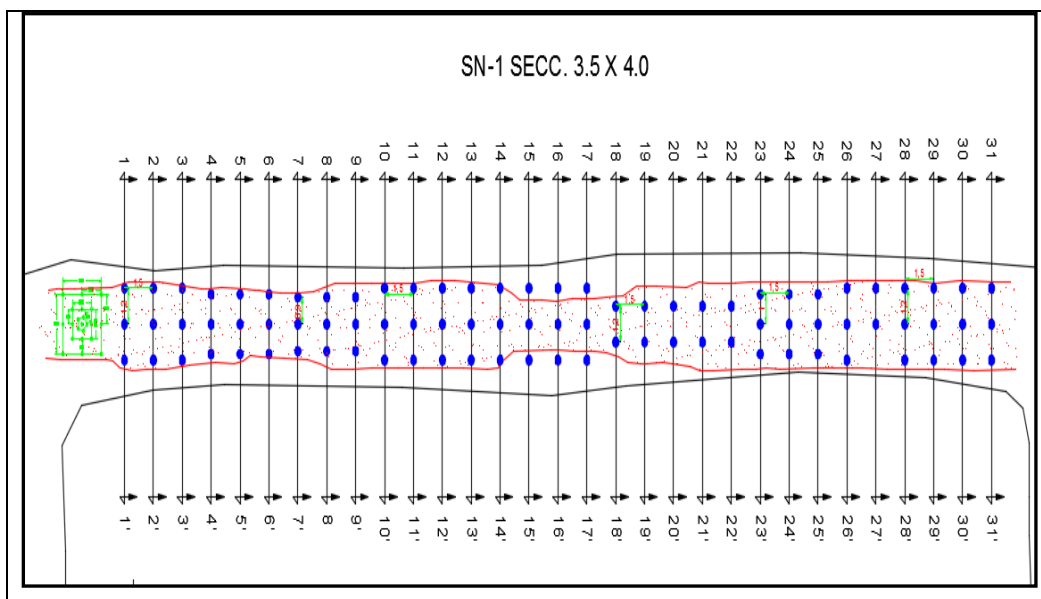


Figura N. 48. Diseño de malla para el *block* de la Veta Mary tajeo 120 E-W Nivel 1120.

De la figura se muestra el diseño de malla de la perforación con parámetros señalados en las tablas anteriores. El diseño es el mismo para todo el tramo del *block* mineralizado.

En la siguiente tabla se muestra el costo total de perforación (US\$/t) que incluye la mano de obra, aceros de perforación, equipo, herramientas e equipos de protección personal y otros gastos administrativos. En anexo 11 se detallan dichos costos mencionados.

El análisis de los costos relacionados a la perforación en la variable de cantidad (\*) para el ítem mano de obra se contabilizan los días de trabajo respecto al término de la explotación el tramo del *block* mineralizado. En aceros de perforación se detalla el rendimiento en metros perforados de cada acero, necesarios para desbrozar toda la longitud del tajeo analizado. En equipo se detalla los costos de propiedad, mantenimiento preventivo del equipo, mantenimiento preventivo implemento (perforadora), mantenimiento preventivo implemento (compresor), mantenimiento componentes mayores, etc. En el Anexo 7 los detalles de los costos de equipo y por último en el ítem Herramientas y EPP se realizó el costeo por el uso diario por mes de cada herramienta como EPP. En el anexo 12 se da a conocer los rendimientos de los aceros de perforación del año 2017 del equipo Simba S7D.

Tabla N. 37

Costo total de perforación dólares por tonelada para el 2017

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad (Personas)	Cantidad	Costo Unitario US\$/Unidad	Vida Útil	Costo Parcial US\$/g.día	Costo Total Sin Explosivo US\$/ton
<b>1.00</b>	<b>PERFORACIÓN</b>						<b>66,185.03</b>	<b>2.67</b>
<b>1.01</b>	<b>Mano de obra</b>			<b>Días de trabajo</b>		-	<b>8,369.42</b>	<b>0.34</b>
	Operador de Simba S7 D	Gdía	1	30	88.01	-	3,389.33	
	Ayudante operador Simba S7 D	Gdía	1	30	40.34	-	1,553.44	
	Mecánico-electricista de Mina Simba S7 D	Gdía	1	30	104.48	-	2,414.19	
	Choferes camioneta Mantenimiento	Gdía	1	6	52.24	-	241.42	
	Choferes camión servicios, lubricador	Gdía	1	6	52.24	-	241.42	
	<b>Supervisión</b>					-		
	Ingeniero jefe de guardia	Gdía	1	5	195.89	-	529.61	
<b>1.02</b>	<b>Aceros de perforación</b>			<b>ACEROS MP</b>		<b>MP</b>	<b>15,900.09</b>	<b>0.64</b>
	Barra SP T38-RD38-T38 x 4"	p.p	10	11,474.10	300.85	3570	9,669.42	
	Broca escariadora rimadora T38 X 127 mm ESF	p.p	1	300.00	505.00	350	432.39	
	Broca retráctil FP T38 x 64MM	p.p	1	11,474.10	147.90	485	3,499.01	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	p.p	1	11,474.10	326.35	2039	1,836.48	
	Copas de afilado	Jgo.	1	11,474.10	0.04	10000	458.96	
	Aguzadora de copas	Pza	1	11,474.10	0.00	15000	3.82	
<b>1.03</b>	<b>Materiales requeridos</b>					<b>DÍAS</b>	<b>10,518.63</b>	<b>0.42</b>
	Tubo de PVC	m.		2,044	4.11		8,401.35	
	Cancamos de anclaje	Pza		40.00	7.51		300.22	
	Reflectores de 500 watt	Pza		20.00	72.51		1,450.17	
	Conos de plástico naranja para SLS	Pza		35.00	59.13	279	7.42	
	Manguera de 1" ( 70 m)	m		70.00	3.53		247.10	
	Manguera de 1/2" ( 70 m)	m		70.00	1.60		112.00	
	Plomada	Pza		2.00	10.71	360	0.06	
	Clinómetro mod. Salnt 100 marca Tajima	Pza		2.00	55.67	360	0.31	
<b>1.04</b>	<b>Equipos</b>			<b>A. D. M</b>		-	<b>30,615.58</b>	<b>1.23</b>
	Simba	h		103.69	286.64	-	29,721.27	
	Combustible	Gal		155.53	5.75	-	894.30	
<b>1.05</b>	<b>Herramientas y EPP</b>					-	<b>781.32</b>	<b>0.03</b>
	Implementos de seguridad	Gdía	3	30	6.28	-	483.80	
	Herramientas	Gdía	1	30	7.04	-	208.53	
	Lámparas Mineras	Gdía	3	30	1.16	-	88.99	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/t)</b>							<b>66,185.03</b>	<b>2.67</b>
Utilidad costo directo					10%			0.27
Gastos administrativos					13%			0.35
<b>COSTO TOTAL (US\$/t)</b>								<b>3.28</b>



De la tabla se muestra

- ✓ El costo parcial de perforación de **66,185.03** US\$/gdía
- ✓ El costo total de perforación sin explosivo de **2.67** US\$/ton en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.
- ✓ El costo total de perforación de **3.28** (US\$/t) este costo incluye Utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13% ambos respecto al costo total de perforación sin explosivo.

#### **4.2 Evaluación de las Variables Técnicas Operacionales del Equipo Simba S7D en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120**

Las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D están dado por los parámetros y factores de perforación que van cambiando de acuerdo al tipo de roca a perforar. Para la veta Mary Tj 120 E-W nivel 1120, la vida útil de los aceros de perforación tiene un comportamiento directamente proporcional al tipo de roca.

##### **4.2.1 Equipo de perforación Simba S7D parámetros y factores de perforación.**

En la veta Mary Tj 120 E-W, nivel 1120, en el estudio geomecánico se tiene dos tipos de roca, en las encajonante se tiene a la dacita con RMR de 45 Regular de tipo "A" y en la roca mineralizada se tiene a la esfalerita con RMR: 31 Mala de tipo "A", lo cual los parámetros de perforación son diferentes para estos dos tipos de roca. En el siguiente cuadro se muestra la perforación con los controles de mando de la vida útil de la broca y rimadora del equipo de perforación Simba S7D para la perforación de taladros de 15 metros.

Tabla N. 38

Controles de mando de la vida útil de la broca y rimadora del equipo de perforación

Simba S7D

Vida útil de broca retrac. DC t38 x 64 mm Esf y rimadora domo t38 x 127 mm Esf (j - 310)	Litología (roca)		Roca encajonante (dacita) RMR: 45 regular "A"	Roca mineralizada (esfalerita) RMR: 31 mala "A"	
	Vida útil en (*) (metros)	Broca Retrac. DC T38 X 64 MM ESF (metros)		625 m	500 m
		Rimadora domo T38 X 127 MM ESF (metros)		438 m	350 m
	Parámetros de perforación (**)	Presiones (baja-alta)		<i>Collaring</i> (emboquillado)	<i>Full Drilling</i> (percusión máxima)
		Rotación (presión - rpm)		26 bares.	30 bares.
				155 RPM	156 RPM
		Percusión		120 bares.	160 bares.
		Presión de avance		20 bares.	23 bares.
		Barrido (dumping)		49bares.	
		Presión de agua		5.9 bares.	
Presión de aire			7.2 bares.		
Tiempo de Perforación			17 min.	19 mm	
Máquinas		Condiciones del equipo en operación			

(\*) Vida promedio en MCAR

(\*\*) Vida Útil bajo condiciones óptimas de trabajo (Respecto a los parámetros de perforación).

Se ha de considerar roca mineralizada para los cálculos, una vida promedio 500 metros/broca y para la rimadora 350 metros/broca (contar con condiciones óptimas de trabajo).

### Interpretación

Para mejorar el rendimiento se tuvo que realizar las siguientes acciones de mejora. Los rangos normales de parámetros de perforación para los equipos Epiroc en su gran mayoría son los siguientes:

- A. Rotación: 40 - 50 bar.
- B. Percusión: 140 - 180 bar.
- C. Avance: 25 a 45 bar (en los equipos de taladros largos modelos 1254) en los Simbas S7D pueden variar dependiendo del tipo de perforación que a realizar.
- D. Antiatasque: 75 bar (este rango es 25 bares por encima de la presión de rotación).
- E. RPM: 150rpm (broca de 64mm) - 125rpm a 135rpm (brocas de 89mm a 102mm) especialmente para los rimadores.
- F. Fallas en los aceros de perforación: Los aceros de perforación, tienden a fallar por varias causas que pueden ser:
  - Tipo de roca. Los parámetros de perforación se regulan de acuerdo al tipo de roca; por su dureza, contextura y abrasividad, estos datos los debe conocer los operadores.
  - Equipo. Falta de mantenimiento oportuno, deficiencias de las vigas, perforadoras trabajando fuera del ciclo de mantenimiento, etc.
  - Operación de equipo. Falta de control de paralelismo, presión de avance defiende, mal emboquillado, percusión en alta, etc.
  - Habilidad del operador de equipo. Lo que conoce el operador del equipo, sus regulaciones, experiencias, por el tipo de trabajo que realizan, se debe tener en cuenta que no es lo mismo realizar perforación de frentes y taladros largos, son muy diferentes y por lo tanto se debe conocer el trabajo.
- G. Afilado de brocas. La influencia del desgaste de las brocas y las pérdidas prematuras de los aceros por motivos de rotura o fallas.

Los aceros de perforación y su relación a pérdida o fallas tienen que ver con el tipo de roca a perforar y los usuarios finales que son los operadores y equipo de perforación los cuales deben ser analizados minuciosamente para mejorar continuamente.

#### **4.2.2 Evaluación de factores en la perforación y su influencia en el proceso de la optimización del uso de los aceros**

Con los detalles observados anteriormente en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120, se elaboró el método de análisis de causas (Ishikawa), que se hizo en un principio con causas y factores raíces generadoras de pérdidas de los aceros de perforación. Además, se evaluó cinco factores claves con sus respectivos problemas, como las causas y

factores que las genera, todo esto trae como daño colateral un elevado porcentaje de la sobre dilución en la producción de mineral.

En la siguiente figura se muestra los problemas a tratar con el método del diagrama de Ishikawa.

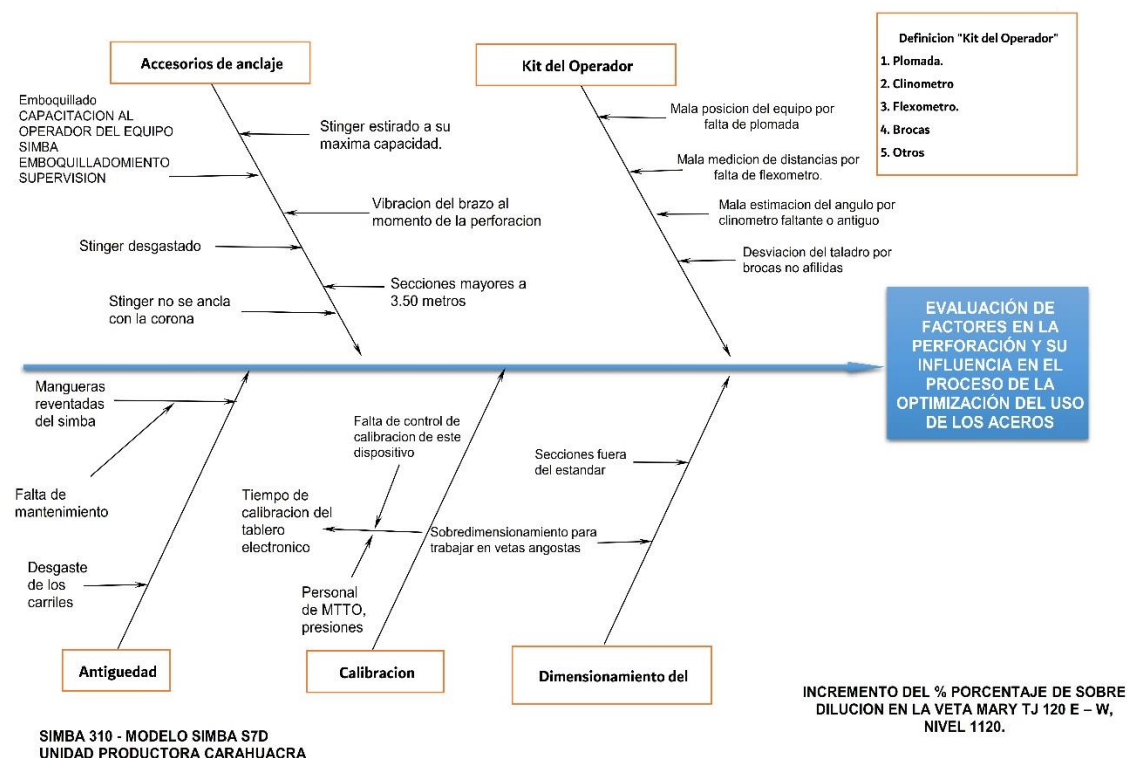


Figura N. 49. Evaluación de los 5 factores claves para la optimización de aceros de perforación.

### Interpretación

De la evaluación los cinco factores claves del diagrama de Ishikawa que presentan son los siguientes:

- **Accesorios de anclaje.** En este ítem se va a evaluar principalmente las condiciones del *stinger* del brazo del Simba. Es decir, si este presenta un adecuado mantenimiento o si se encuentra desgastado.
- **Kit de operador.** En este ítem se va a evaluar principalmente si el operador cuenta con las herramientas necesarias y en buen estado para realizar un adecuado procedimiento de perforación. Herramientas como plomada, flexómetro, clinómetro, spray.

- **Antigüedad.** En este ítem se va a evaluar principalmente las horas de vida operada del equipo, su tiempo de mantenimiento y estado de conservación.
- **Calibración.** En este ítem se va a evaluar principalmente cada cuanto tiempo se realiza la calibración del sensor del ángulo del equipo y ver su cumplimiento de esta actividad.
- **Dimensionamiento de equipos.** En este ítem se va a evaluar principalmente si las dimensiones de las secciones son adecuadas con las dimensiones del brazo del Simba con la finalidad de no tener inconvenientes y realizar una adecuada perforación.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de Ishikawa mejorando después de lo observado en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120.

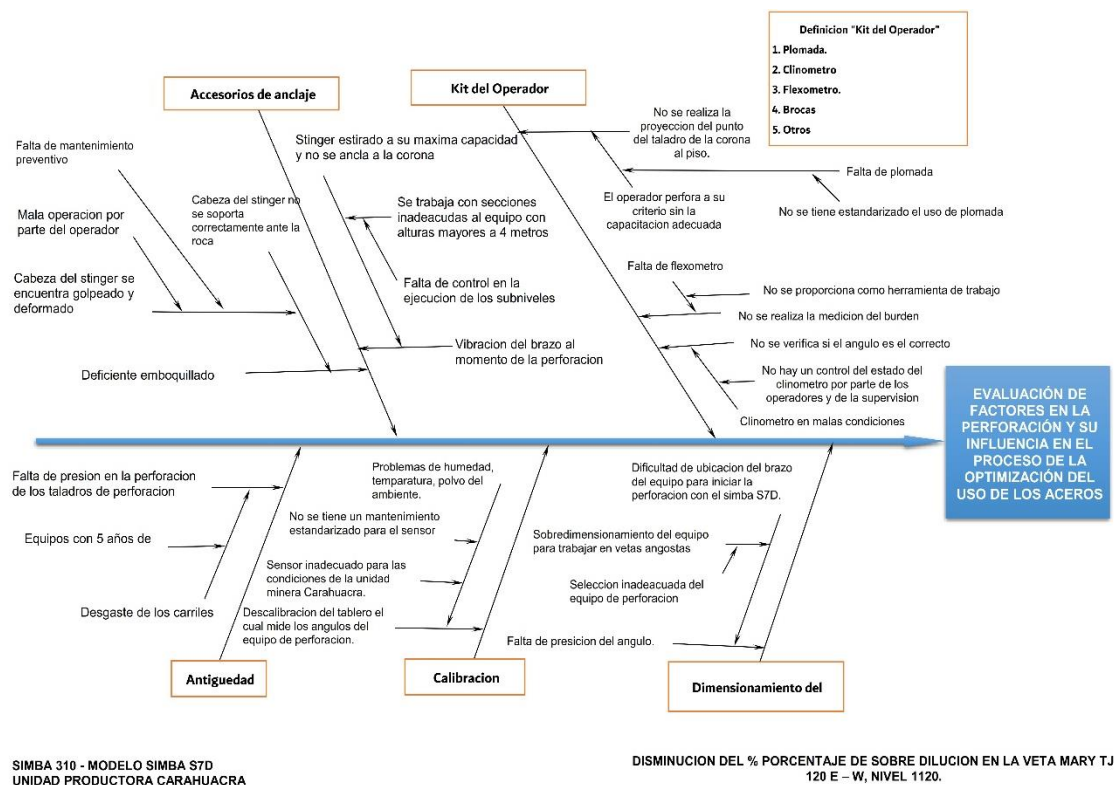


Figura N. 50. Ishikawa mejorando después de lo observado en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120

La relación con las dimensiones de la sección y los accesorios de anclaje (*stinger* del Simba). por lo que los puntos observados en mina ya están colocados en los puntos de accesorios de anclaje. Por otro lado, en la unidad de Carahuacra en la veta Mary TJ 120 E-W, el Simba S7D es el equipo adecuado para este tipo de vetas, pero este tema no afecta a la sobre dilución.

## 1. Desviación de taladros y su impacto en las pérdidas prematuras y el efecto colateral en la sobre dilución

### A. El emboquillado se realiza demasiado rápido-en alta

- **Problema.** Al momento que el operador va a realizar la perforación, inicia con el emboquillado y no perfora un pie a percusión baja como especifica el estándar, sino de frente perfora a percusión alta.
- **Causa.** Desviación de taladros al realizar la perforación y pérdidas prematuras en toda la columna de perforación es debido a la mala alineación generada por la flexión en toda la columna.

La desviación total del barreno es con frecuencia el resultado combinado de una alineación incorrecta, mal emboquillado y desviación interna durante la perforación. Ilustrada en la figura.

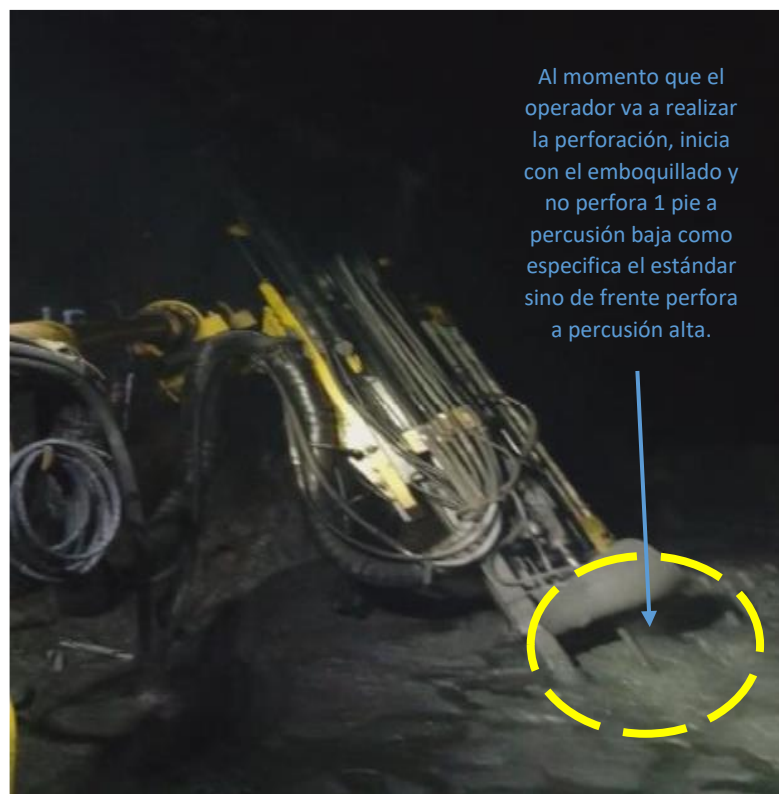


Figura N. 51. Mal emboquillado del equipo Simba S7D

- **Solución.** Se realizó capacitaciones al personal del equipo Simba S7D operador como ayudante, sobre los factores y parámetros de perforación del equipo.

El cumplimiento del estándar respecto al emboquillado a perforar 1 pie a percusión baja, ayudo a reducir la desviación de taladros por el mal emboquillado, el carguío de los taladros del explosivo es uniforme debido a buen alineamiento del taladro. Logrando a optimizar, disminuir las pérdidas prematuras de los aceros de perforación y disminuir la sobre dilución

**B. El *stinger* está estirado a su máxima capacidad y no ancla hacia el techo de la labor.**

- **Problema.** Cuando el *stinger* no se ancla con la corona se generan vibraciones lo cual provoca desviación de los taladros largos.
- **Causa.** Un mal posicionamiento del Simba S7D, genera a lo largo de toda la columna de perforación el desgaste de los aceros mayormente en las roscas, también genera desviaciones de los taladros, incrementando el burden o espaciamiento y aumentando la sección de 3.5 metros a mas (sobreperforación), ilustrada en la figura.



Figura N. 52. Mal anclaje del *stinger*

- **Solución.** Se capacitó a los operadores sobre el posicionamiento del equipo Simba S7D.

El cumplimiento del estándar respecto posicionamiento señala que el brazo del equipo debe de estar presionado contra la roca antes y durante la perforación. Esto ayudó a reducir drásticamente, el desgaste de los aceros de perforación, lo que aumentó el rendimiento, la desviación de los taladros y manteniendo la sección de la labor.

### C. Malas prácticas de los instrumentos utilizados en la perforación

#### a. No tienen flexómetro, plomada

- **Problema.** Proyección de los puntos del taladro del techo al piso.
- **Causa.** Falta de plomadas para la proyección. Marcado de malla hasta la mitad del hastial superior con dificultades para proyectar el punto del taladro al piso mostrada en la figura.



Figura N. 53. Marcado de malla hasta la mitad del hastial superior con dificultades para proyectar el punto del taladro al piso.



- **Solución.** Implementar plomadas y exigir su uso.

Si se perfora con las mejoras mencionadas anteriormente, se llegará a minimizar la desviación de taladros y así no afectar en gran dimensión a las cajas al momento de la voladura

Los procedimientos de buenas prácticas en la perforación nueva implementación se muestra en la figura siguiente:

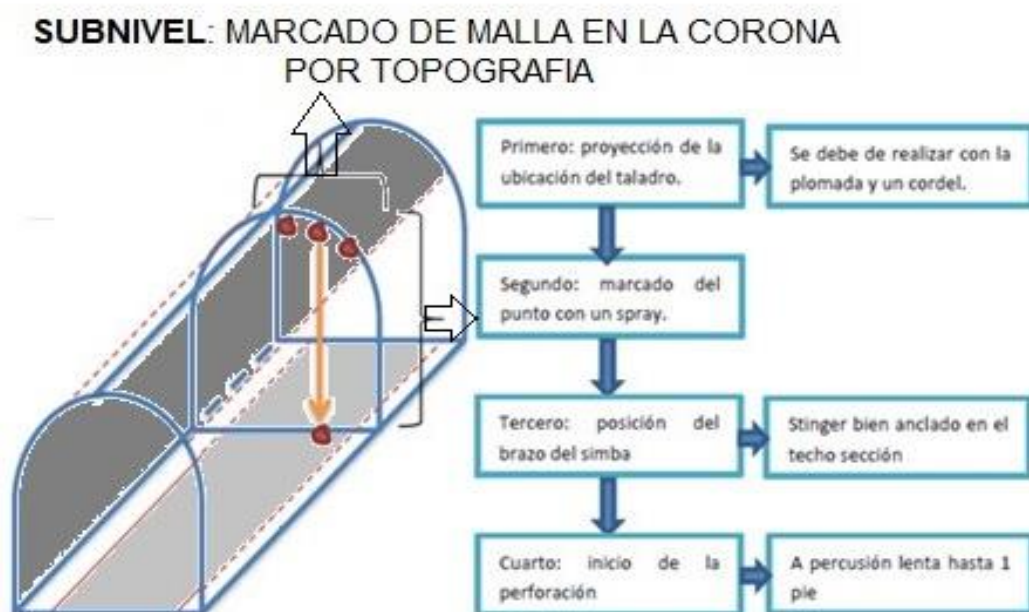


Figura N. 54. Procedimiento de buenas prácticas en la perforación nueva implementación.

**Interpretación.** Esta implementación ayudó a mejorar significativamente en el proceso de perforación, respecto al posicionamiento del equipo.

El pintar la sección completa es fundamental y clave para que el taladro a perforarse no tenga demasiada desviación ya que el *stinger* se podrá ubicar en la sección correcta y el operador ya no tendrá que estar realizando la perforación según su criterio.

## 2. Pérdida de rendimientos de los aceros de perforación.

### A. Pérdida del rendimiento de los aceros de perforación Veta Mary TJ

120 E-W

- **Problema.** Los aceros de perforación tienden a fallar por varias causas que pueden ser operación, equipo, tipo de roca, habilidad del operador y por último deficiencias en el afilado de las brocas.
- **Causa.** Pérdida prematura de los aceros y por ello pérdida en metros perforados. ilustrada en la figura.



*Figura N. 55.* Mal control de los aceros de perforación por el operador del equipo.

- **Solución.** Se dio a conocer a los operadores acerca de los parámetros de perforación que se regulan de acuerdo al tipo de macizo rocoso en consideración a las propiedades de la misma dureza, contextura y abrasividad.

Asimismo, se consideró la habilidad del operador respecto a la experiencia del tipo de trabajo que más domina en el campo de perforación ya sea en frentes de avance o taladros largos, que son muy diferentes.

Además, se estableció alternativas correctas de cuidado de las brocas de perforación por medio de los operados de los equipos. Ilustrada en la siguiente figura.



Figura N. 56. Alternativas correctas de cuidado de las brocas de perforación

Las capacitaciones sobre fallas operacional en la falta de control de paralelismo, presión de avance deficiente, mal emboquillado y percusión en alta. ayuda a reducir los metros en pérdidas.

Además, de informar al área de mantenimiento para el oportuno mantenimiento del equipo y evitar que los equipos de perforación trabajen fuera del ciclo de mantenimiento. ilustrada en la figura.

Asimismo, las brocas de perforación ayudan a encontrar fallas en el equipo debido a los daños que presentan en la perforación, el control de las brocas es importante para aumentar el rendimiento de toda la columna de perforación. En la siguiente figura se muestra el control de brocas.



Figura N. 57. Control de las brocas en el diámetro y desgaste del inserto

Las brocas por ser el primer acero de perforación que entra en contacto con el macizo rocoso es primordial tener control del desgaste prematuro, esto genera un posterior desgaste por rotura o por fallas prematuras.

### **3. Plan de acción para la optimización**

Ante el escenario desfavorable para la voladura descrito en los párrafos anteriores se implementará planes de acción en los puntos mencionados anteriormente con el fin de lograr una mejora operativa. Esto se detallará a continuación:

- A. Se implementará un estándar para la perforación de taladros largos especificando las herramientas adecuadas a usar. Así mismo, como un procedimiento de trabajo seguro.
- B. Se implementó el correcto pintado de las secciones completas para asegurar que la viga se alinee con respecto a la sección del subnivel marcado y además que se encuentre paralela al plano transversal de la cara libre.
- C. Se debe de hacer seguimiento y cumplir con las secciones programadas para los subniveles de taladros largos, así se pueda obtener un correcto anclado del *stinger* con la corona. En caso contrario el *stinger* quedará al aire y se generarán vibraciones al momento de realizar la perforación y con ello una desviación del taladro.
- D. Se implementa plomadas para que se realice una correcta proyección del punto inicial del taladro que está marcado en la corona de la sección. Además, se debe implementar esto para mejorar el posicionamiento y alineamiento de la viga. A consecuencia de todo ello se logrará mejorar la verticalidad de los taladros en sección longitudinal de tal manera que se logre un adecuado paralelismo con respecto al burden, de manera contraria es una de las principales causas de las fallas de las voladuras.
- E. Se debe de cambiar los clinómetros manuales antiguos y en mal estado de los equipos de perforación de taladros largos, de manera que el operador pueda trabajar con herramientas adecuadas.
- F. Se implementó el mantenimiento de las brocas de perforación, respecto al afilado se debe realizar día a día.

#### **4.3 Análisis del Consumo de Aceros de Perforación para el Método de Minado Bench and Fill en la Veta Mary Tj 120 E-W Nivel 1120**

Con los controles de los factores y parámetros de perforación realizados anteriormente, se realizó el análisis del consumo de aceros de perforación para el mes

de diciembre del 2018. En el siguiente cuadro se muestra el consumo de brocas de 64 mm en taladros de producción y de 127 mm en taladros de rimados o escariado.

Tabla N. 39

*Consumo de brocas 64 mm para la perforación de taladros largos*

Pies perforados por taladro por guardia día y noche		
Longitud de la barra de 5 pies = 1,52 m		
El equipo cuenta con 10 barras		
Longitud de perforación (según diseño mina) = 15.20 m		
Total rendimiento de un mes		
Total de metros perforados	5507	m
Total de metros rimados	349	m
Vida útil de la broca	500	m
Vida útil de la broca rimadora	350	m
Consumo de brocas por mes	11	Unid.
En los trabajos de perforación del equipo simba s7d		
Por operación se tiene	Broca retrac. dc t38 x 64 mm esf.	
El cambio de barra de 5 pies	1	Unid.
Para la perforación se tiene en <i>stand by</i>	1	Unid.
Pérdida operacional, durante el mes de julio se reportó broca que se quedó en el taladro y/o cayó al buzón y entrego sin cambio	1	Unid.
La abrasividad por el macizo rocos generó desgaste prematuro.	1	Unid.
Consumo de brocas al mes (guardia día y noche) = 15 unid.		
Para el cambio de guardia broca retrac 64 mm		
Quedan en <i>stand by</i> de la guardia que sale de días libres con diámetros mayores a los 64 mm	2	unid.
Para los que entran de días libres igual tiene en Stand by brocas con diámetros mayores a los 64 mm	2	unid.
N. De brocas / mes (mes 17 und./5507 m) 27%		
El ratio de consumo de brocas en producción taladros largos = 0.27		
El consumo de brocas por guardia (utilización diaria de brocas)		
N. de consumo de brocas / guardia (mes 17und * N. de brocas) = 4 unid.		
El consumo total al mes		
N. de consumo de brocas / mes (por 2) = 8 unidades.		

Tabla N. 40

Consumo de brocas rimadoras 127 mm para la perforación de taladros largos

Por operación se tiene las siguientes rimadora domo 127 mm		
La abrasividad por el macizo rocos generó desgaste prematuro.	1	Unid.
Consumo de brocas al mes (guardia día y noche) = 1 unidad		
Para el cambio de guardia rimadora domo 127 mm		
Quedan en <i>stand by</i> de la guardia que sale de días libres con diámetros mayores a los 64 mm	1	Unid.
N. de brocas / mes (mes 1 und. /349 m) = 29%		
El ratio de consumo de brocas en producción taladros largos = 0.29		
El consumo total al mes		
N. de consumo de brocas / mes (por 2) = 1 unidad		

#### 4.3.1 Comparación de rendimiento de broca y rimadora afilada-Veta Mary TJ 120 E-W

##### 1. Comparación de rendimiento de broca y rimadora afilada en el equipo Simba S7D-Veta Mary

En el siguiente gráfico se detalla el rendimiento promedio de la broca retráctil DC T38 X 64 mm esférico y rimador domo T38 X 127 MM esférico de Epiroc en comparación a la vida útil en el método de minado por Bench and Fill.

Tabla N. 41

Comparación de rendimientos de broca 64 mm y rimadora 127 mm afilada del año 2018

Veta Mary.

Comparación de rendimiento de broca y rimadora afilada			
Promedio mensual general taladros largos	Descripción		Promedio mensual 2018
	Broca retrac. dc t38 x 64 mm esf. (unidades)		36
	Rimadora domo t38 x 127 mm esf. (unidades)		3
	Metros perforados		17332
	Metros rimados		879
	Rendimiento sin afilado (m/p)	Broca retrac dc t38 x 64 mm esf.	301
Rimadora domo t38 x 127 mm esf		182	
Vida útil broca y rimadora (m/p)	Rendimiento afilado (m/p)	Broca retrac dc t38 x 64 mm esf.	184
		Rimadora domo t38 x 127 mm esf.	111
Broca 500 c/u	Rendimiento total por broca (m/p)		510
Broca 350 c/u	Rendimiento total por rimadora (m/p)		354

En el cuadro se detalla los promedios mensuales del año 2018 y los metros perforados en promedio afilados y sin afilar, el rendimiento total por broca y rimadora.

En la siguiente figura se detalla el rendimiento promedio mensual por año de la broca retráctil DC T38 X 64 mm esférico y rimador domo T38 X 127 mm comparado con la vida útil de la broca y rimadora.

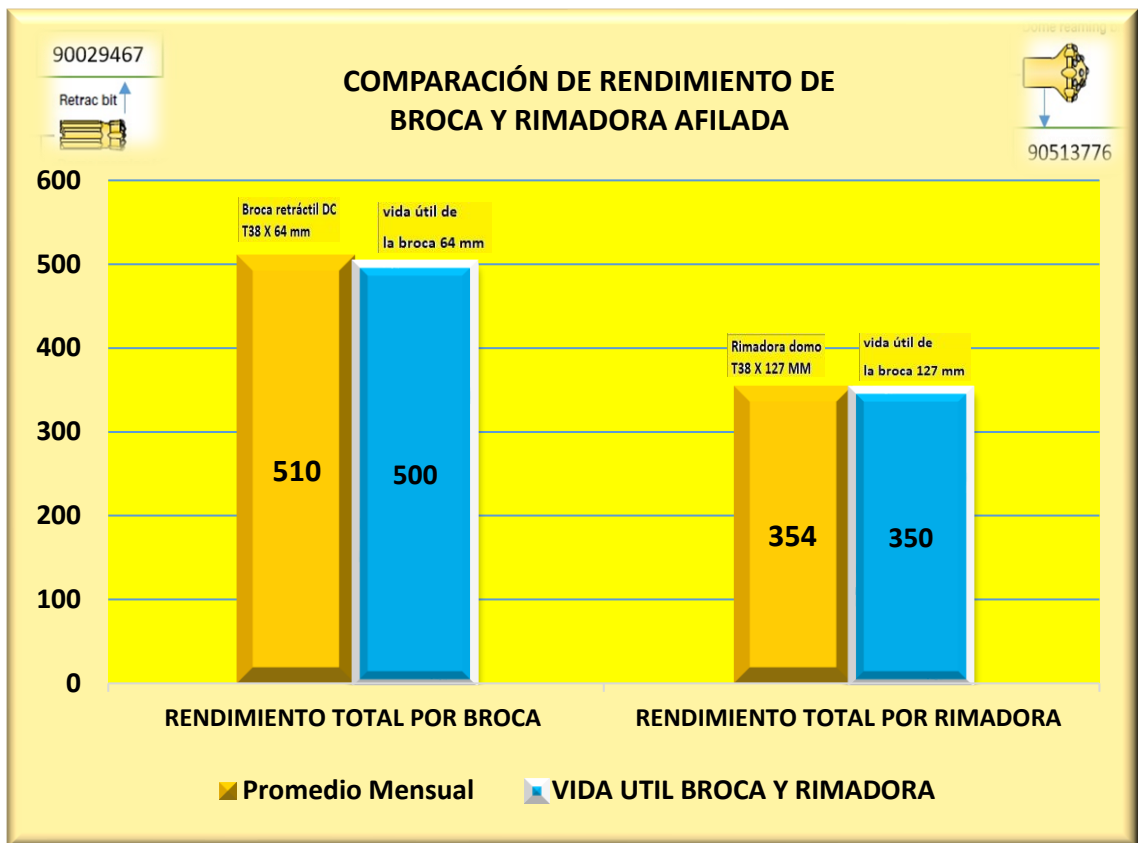


Figura N. 58. Comparación de rendimiento de broca y rimadora de la perforación en taladros largos.

**Análisis.** En el gráfico se observa un incremento del rendimiento promedio mensual en la broca de 64 mm en 12 metros perforados respecto a la vida útil y en la rimadora 127 un incremento de 4.8 metros perforados respecto a la vida útil. En el año 2018 se tuvo un incremento en promedio mensual metros perforados en la broca de 64 mm en un 102% y en la rimadora de 127 mm 101%.

La optimización en el rendimiento de metros perforados respecto a la broca de 64 mm es de 10 metros perforados y se tiene una optimización en reducción de costos de 12 US\$. Asimismo, la optimización en el rendimiento de metros perforados respecto a la rimadora de 127 mm es de 4 metros perforados y se tiene una optimización en reducción de costos de 4.8 US\$.



## **Interpretación**

Para mejorar el rendimiento se tuvo que realizar lo siguiente acciones de mejora:

- Se dio a conocer a los operadores acerca de los parámetros de perforación se regulan de acuerdo al tipo de macizo rocoso en consideración a las propiedades de la misma dureza, contextura y abrasividad.
- Se consideró la habilidad del operador respecto a la experiencia del tipo de trabajo que más domina en el campo de perforación ya sea en frentes de avance o taladros largos, que son muy diferentes.
- Las capacitaciones sobre fallas operacionales en la falta de control de paralelismo, presión de avance deficiente, mal emboquillado y percusión en alta. ayuda a reducir los metros en pérdidas.
- Informar al área de mantenimiento para el oportuno mantenimiento del equipo y evitar que los equipos de perforación trabajen fuera del ciclo de mantenimiento.
- Las brocas por ser la primera pieza de perforación que entra en contacto con el macizo rocoso es primordial tener control del desgaste prematuro esto genera posterior desgaste por rotura o fallas prematuras

### **4.4 Análisis de la velocidad de perforación para el método de minado Bench and Fill de la Veta Mary TJ 120 E-W**

La velocidad de perforación es un factor primordial para la producción, el tiempo que emplea el equipo para realizar un taladro es primordial para asegurar la producción de mineral. Además, el buen control de la velocidad ayuda a optimizar el menor tiempo de perforación de taladros e incrementar la producción reducir costos en el equipo en función al tiempo de operación de uso.

#### **4.4.1. Pérdida de la velocidad de perforación en los taladros largos**

El análisis para el método de minado por Bench and Fill, la perforación se realizó para una altura de 12 metros de 8 barras de 5 pies, en el cuadro siguiente se realiza la comparación de la velocidad de perforación de una broca afila con una sin afilar.

Tabla N. 42

*Análisis de pérdida de penetración de la roca-veta Mary*

Broca retrac. esf. 64 mm	Broca de 64 mm afilada		Broca de 64 mm sin afilar		Diferencia
	1 taladro	10 taladros	1 taladro	10 taladros	
Min/tal de 5 pies-juego 8 barras	1 taladro	10 taladros	1 taladro	10 taladros	
Tiempo de perforación/tal	16.40	164.00	17.90	179.00	15.00
Parada posicionamiento	2.67	26.67	3.11	31.10	4.43
Total minutos	19.07	190.70	21.41	214.10	23.40
Total horas	00:19:04	03:10:42	00:21:25	03:34:06	00:23:24

Del cuadro se observa que una broca sin afilar demora más en perforar que una afilada en relación al tiempo resulta que la broca sin afilar demora en 23 mm más que una afilada en la siguiente figura se muestra la velocidad de penetración pie/min para un taladro con una broca 64 mm.

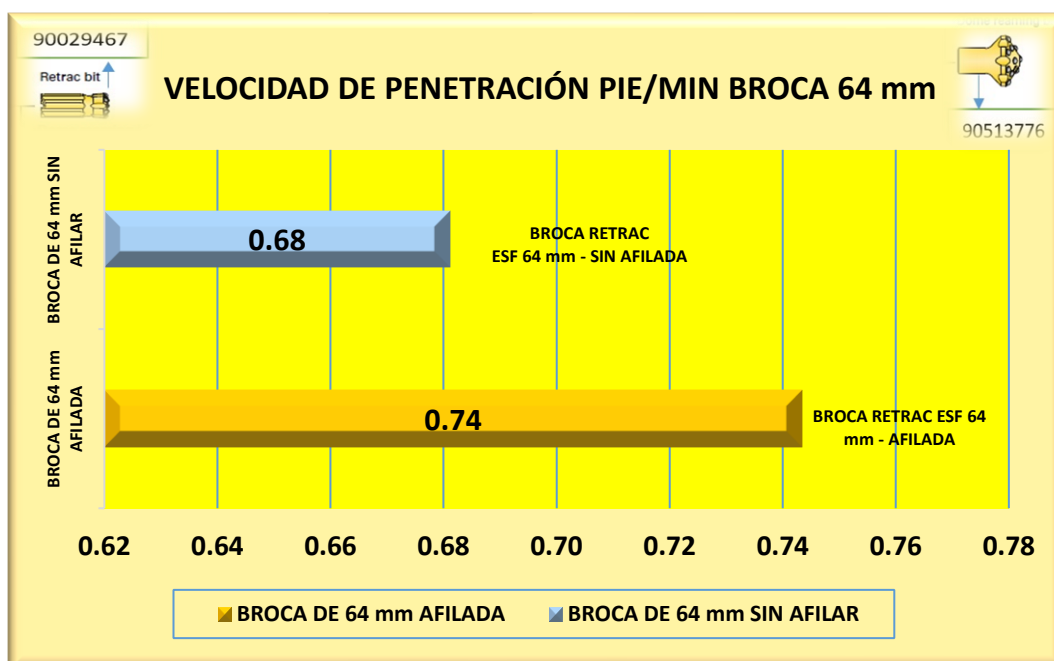


Figura N. 59. Velocidad de penetración pie/min broca 64 mm-Veta Mary

**Análisis.** En el gráfico se muestra la velocidad de penetración de la broca de 64 mm sin afilar 0.68 minutos y afilada 0.74 minutos cuando el botón ha perdido el 30% de su tamaño, el espacio entre los botones y la roca es demasiado pequeño. Entonces, es

muy difícil que el detrito pase por ese espacio y permanecerá para ser re triturado (remolienda). El impacto del impacto del mecanismo no podrá penetrar en la roca de una manera eficiente debido al re triturado producido, aumentándose el desgaste de la broca y reduciéndose la velocidad de penetración.

En la siguiente figura se muestra el tiempo requerido para producción de 10 taladros largos min/8 barras (12 m).

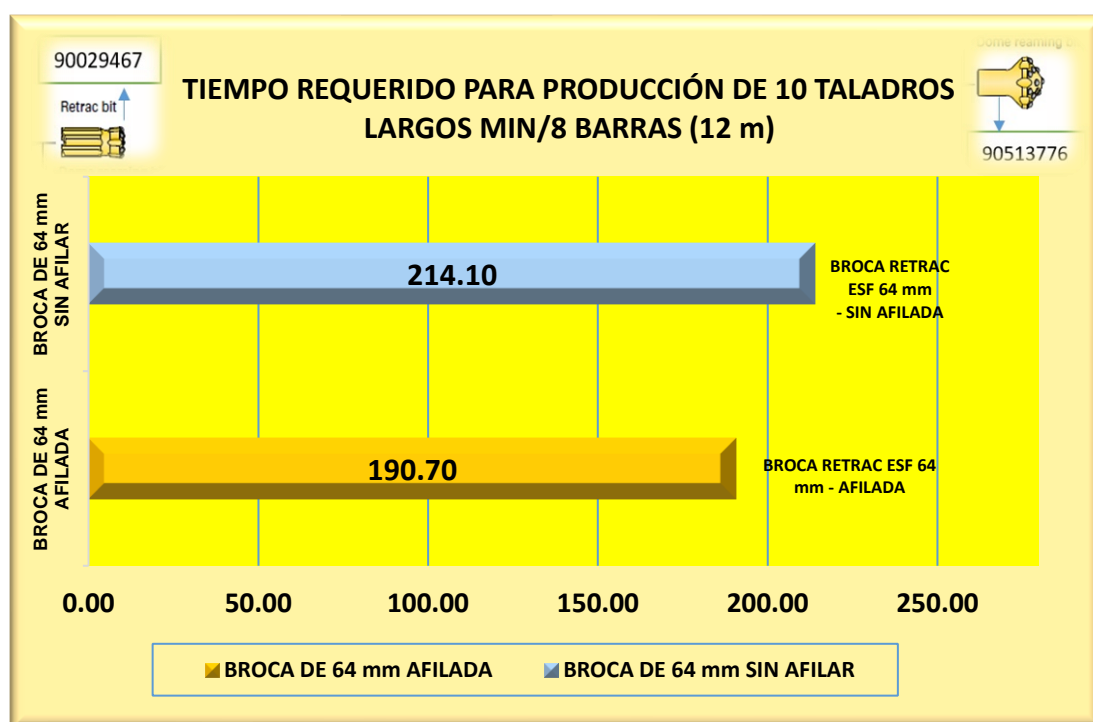


Figura N. 60. Tiempo requerido para 10 taladros de 12 m (8 barras de 5 pies) broca 64 mm-Veta Mary

**Análisis.** En el gráfico se muestra el tiempo requerido para realizar 10 taladros de producción taladros largos con la broca de 64 mm sin afilar 214.10 minutos y afilada 190.70 minutos el afilado ayuda a mantener la velocidad.

### Interpretación

El tiempo óptimo es cuando la broca está afilada y termina el trabajo en menor tiempo, para esto la broca es de 64 mm sin afilar 214.10 minutos, y afilada 190.70 minutos, se tiene una hora de 23 minutos por los 10 taladros realizados.

## **4.5 Optimización de Costos y Rendimientos de Aceros de Perforación de la Veta Mary.**

### **4.5.1 Costo de perforación para el método de minado Bech and Fill en la Veta Mary Tajeo 120 E-W NV 1120.**

Los parámetros de perforación, equipo y volumen de producción en toneladas son los mismos realizados al inicio de este capítulo. Tras las mejoras señaladas anteriormente en la perforación se cuenta con un aumento de los rendimientos de los aceros de perforación, en el anexo 13 se ilustra el rendimiento de los aceros de perforación del año 2018 del equipo Simba S7D.

Tabla N. 43

Costo total de perforación dólares por tonelada para el 2018

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad (personas)	Cantidad	Costo unitario US\$/unidad	Vida útil	Costo parcial US\$/gdía	Costo total sin explosivo US\$/ton
<b>1.00</b>	<b>Perforación</b>						<b>63,235.67</b>	<b>2.55</b>
<b>1.01</b>	<b>Mano de obra</b>			<b>Días de trabajo</b>			<b>8,369.42</b>	<b>0.34</b>
	Operador de simba s7 d	Gdía	1	30	88.01		3,389.33	
	Ayudante operador simba s7 d	Gdía	1	30	40.34		1,553.44	
	Mecánico - electricista de mina simba s7 d	Gdía	1	30	104.48		2,414.19	
	Choferes camioneta mantenimiento	Gdía	1	6	52.24		241.42	
	Choferes camión servicios, lubricador	Gdía	1	6	52.24		241.42	
	<b>Supervisión</b>	0	0	0.00	0.00		0.00	
	Ingeniero jefe de guardia	Gdía	1	5	195.89		529.61	
<b>1.02</b>	<b>Aceros de perforación</b>			<b>Aceros mp</b>		<b>Mp</b>	<b>12,950.73</b>	<b>0.52</b>
	Barra sp t38-rd38-t38 x 4"	P.p	10	11,474.10	300.85	4450	7,757.27	
	Broca escariadora rimadora t38 x 127 mm esf	P.p	1	300.00	505.00	354	427.97	
	Broca retractil fp t38 x 64mm	P.p	1	11,474.10	147.90	510	3,327.49	
	Shank cop 1838/1638 t38 x 435 mm	P.p	1	11,474.10	326.35	2604	1,438.01	
	Copas de afilado	Jgo.	1	11,474.10	0.04	10000	458.96	
	Aguzadora de copas	Pza	1	11,474.10	0.00	15000	3.82	
<b>1.03</b>	<b>Materiales requeridos</b>					<b>Días</b>	<b>10,518.63</b>	<b>0.42</b>
	Tubo de PVC	<b>M.</b>		2,044	4.11		8,401.35	
	Cáncamos de anclaje	<b>Pza</b>		40.00	7.51		300.22	
	Reflectores de 500 watt	<b>Pza</b>		20.00	72.51		1,450.17	
	Conos de plástico naranja para sls	<b>Pza</b>		35.00	59.13	279.00	7.42	
	Manguera de 1" ( 70 m)	<b>M</b>		70.00	3.53		247.10	
	Manguera de 1/2" ( 70 m)	<b>M</b>		70.00	1.60		112.00	
	Plomada	<b>Pza</b>		2.00	10.71	360.00	0.06	
	Clinometro mod. Salnt 100 marca tajima	<b>Pza</b>		2.00	55.67	360.00	0.31	
<b>1.04</b>	<b>Equipos</b>			<b>A. D. M</b>			<b>30,615.58</b>	<b>1.23</b>
	Simba	H		103.69	286.64	-	29,721.27	
	Combustible	Gal		155.53	5.75		894.30	
<b>1.05</b>	<b>Herramientas y epp</b>						<b>781.32</b>	<b>0.03</b>
	Implementos de seguridad	Gdía	3	30	6.28	-	483.80	
	Herramientas	Gdía	1	30	7.04	-	208.53	
	Lámparas mineras	Gdía	3	30	1.16	-	88.99	
<b>Total costo directo (US\$/t)</b>							<b>63,235.67</b>	<b>2.55</b>
Utilidad costo directo					10%			0.25
Gastos administrativos					13%			0.33
<b>Costo total (US\$/t)</b>								<b>3.13</b>

De la tabla se muestra

- El costo parcial de perforación de **63,235.67 US\$/gdía**
- El costo total de perforación Sin Explosivo de **2.55 US\$/ton** en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.
- El costo total de perforación de **3.13 (US\$/t)** este costo incluye utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13% ambos respecto al costo total de perforación sin explosivo.

### 1. Reducción de costos antes y después

Se realiza el análisis de costos unitario de la perforación mensual del mes de diciembre del 2017 y diciembre del 2018

Tabla N. 44

*Reducción de costos antes y después de la optimización de los aceros de perforación*

<b>COMPARACION MENSUAL</b>		
<b>MES</b>	<b>Dic-17</b>	<b>Dic-18</b>
<b>Costo Parcial US\$/gdía</b>	<b>66,185.03</b>	<b>63,235.67</b>
<b>Costo total (US\$/tn)</b>	<b>3.28</b>	<b>3.13</b>
<b>reduccion del Costo Parcial US\$/gdía</b>	<b>\$2,949</b>	
<b>reduccion del Costo Total Sin Explosivo US\$/ton</b>	<b>0.15</b>	

### Interpretación

Se tiene la optimización del costo inicial del mes de diciembre del 2017 y después respecto al mes diciembre del 2018, esta última ya implementada las mejoras operacionales:

- Reducción del costo parcial de 2,949 US\$/gdía,
- Reducción del costo total sin explosivo de 0.15 US\$/t.

#### 4.5.2 Rendimiento de los aceros de perforación para el Simba S7D anual y mensual

En el siguiente cuadro se muestra el resultado de los índices de operación del equipo Simba S7D anual.

Tabla N. 45

*Comparación de índices de operación para el equipo Simba S7D*

AÑO	AÑO 2017	AÑO 2018
Producción (Ton)	133,859	155,280
Metro Perforado (M)	58,787	62,489
Consumo De Aceros De Perforación Total (Unidades)	285	292
Costo Total US\$ De Aceros	\$70,544	\$74,987
ÍNDICES DE OPERACIÓN		
Índice De Producción / Metro Perforado	2.28	2.48
Índice De Producción / Consumo De Aceros	469	532
Índice De Producción / Costo Total De Aceros	1.90	2.07
Incremento Porcentual De La Vida Útil	100.00%	103.87%

Del cuadro se observa el rendimiento de vida útil total del año 2017 en relación al año 2018, se tiene un incremento del 3.87% frente al año anterior. En el siguiente cuadro se muestra el incremento para el 2018 de los índices de operación del equipo Simba S7D.

Tabla N. 46

*Incremento de costos del año 2018 del equipo Simba S7D*

Incremento de costos del año 2018		
Costo del incremento del rendimiento	10	US\$
Costo US\$ de producción/metro perforado	23.79	US\$ prod./mp
Costo US\$ de producción/consumo aceros	599.77	US\$ prod. /cons. Aceros

Del cuadro se observa, la optimización en reducción de costos de acuerdo al rendimiento es de 10 US\$, por cada pieza de perforación. En siguiente cuadro se muestra la comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 del equipo Simba S7D.

Tabla N. 47

Comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 del Equipo Simba S7D

Incremento de rendimiento en costos por cada acero de perforación	Año 2017	Año 2018	Incremento del costo del 2018
Costo anual US\$	\$72,227	\$75,022	\$2,795.19
Costo por mes US\$	\$2,408	\$2,501	\$93.17

Del cuadro se observa, la optimización en reducción de costos del rendimiento de aceros para el año 2018 es de \$2,795.19 anual y \$93.17 mensual.

En siguiente figura se muestra la comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2017 y del año 2018 en relación a cuánto asciende por año y mes respecto al año 2018 del equipo Simba S7D.

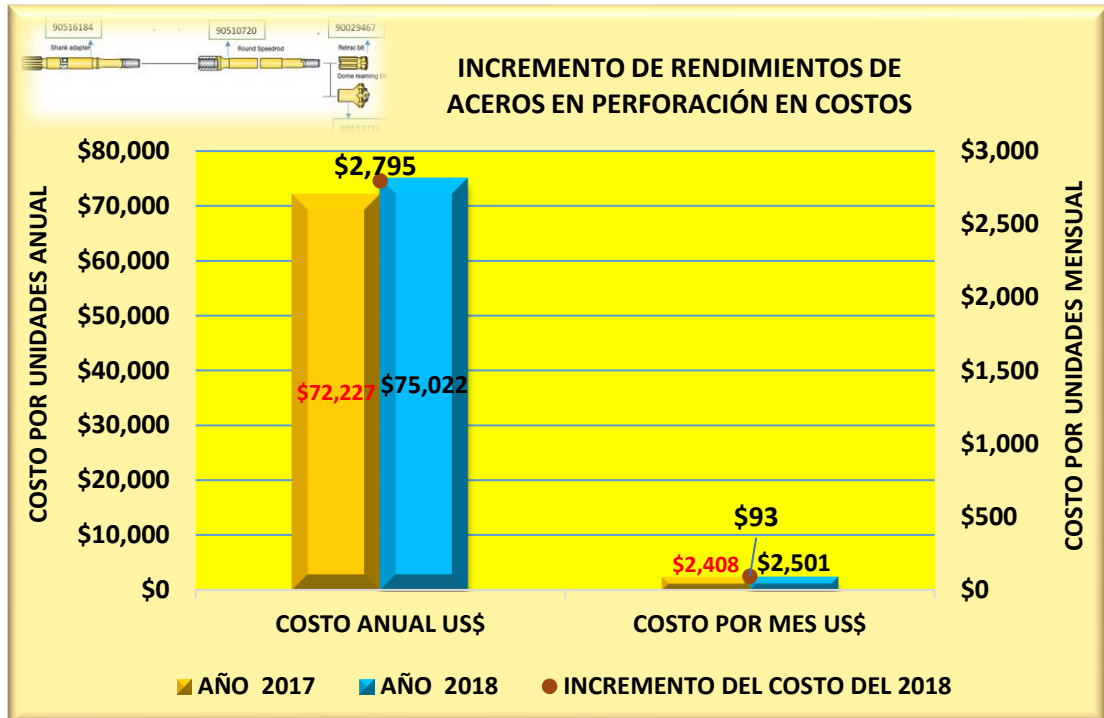


Figura N. 61. Comparación del Incremento de rendimiento en costos anual y mensual del equipo Simba S7D.



**Análisis.** En el gráfico se muestra el incremento para el año 2018. Se tiene una optimización en reducción de costos del rendimiento de aceros para el año 2018 es de **\$2,795.19** anual y **\$93.17** mensual.

### **Interpretación**

Para mejorar el rendimiento se tuvo que realizar lo siguiente acciones de mejora:

- Se dio a conocer a los operadores acerca de los parámetros de perforación se regulan de acuerdo al tipo de macizo rocoso en consideración a las propiedades de la misma dureza, contextura y abrasividad
- se consideró la habilidad del operador respecto a la experiencia del tipo de trabajo que más domina en el campo de perforación ya sea en frentes de avance o taladros largos, que son muy diferentes.
- Las capacitaciones sobre fallas operacional en la falta de control de paralelismo, presión de avance deficiente, mal emboquillado y percusión en alta. ayuda a reducir los metros en pérdidas.
- Informar al área de mantenimiento para el oportuno mantenimiento del equipo y evitar que los equipos de perforación trabajen fuera del ciclo de mantenimiento.
- Las brocas por ser la primera pieza de perforación que entra en contacto con el macizo rocoso es primordial tener control del desgaste prematuro esto genera posterior desgaste por rotura o fallas prematuras

## CONCLUSIONES

1. Los rangos normales de los parámetros de perforación para la veta Mary Tj 120 E-W, nivel 1120, presenta dos tipos de roca, en las encajonante se tiene a la dacita con RMR de 45 de tipo Regular "A" y en la roca mineralizada se tiene a la esfalerita con RMR: 31 de tipo Mala "A". Para ambas rocas, la perforación es con el equipo Simba S7 D de EPIROC y la rotación de perforación debe ser de 25 a 45 bares y pueden variar para cada tipo de roca a perforar. El antiatasque es de 75 bares, este rango es 25 bares por encima de la presión de rotación, en brocas de 64 mm el RPM es de 150 rpm, y en brocas rimadoras de 127 mm el RPM es de 125 rpm a 135 rpm.
2. La optimización de los factores y parámetros de perforación es efectuada por el método del diagrama de Ishikawa que ayudó a elaborar un plan de acción para la optimización operacional respecto a la perforación, lo que incrementó la vida útil de los aceros de perforación.
3. El incremento del rendimiento por metro perforado en promedio mensual en relación al consumo en brocas afiladas y sin afilar se tiene, respecto a la broca de 64 mm, es de 10 metros perforados y se obtiene una optimización en reducción de costos de 12 US\$, y respecto a la rimadora de 127 mm es de 4 metros perforados y se tiene una optimización en reducción de costos de 4.8 US\$.
4. La velocidad de perforación para los trabajos de perforación de la Veta Mary tajeo 120 E-W va depender del afilado de la broca, la cual mejora los tiempos de perforación. En taladros largos con broca 64 mm para una longitud de 12 pies se reduce en 23 minutos para 10 taladros.
5. Hay optimización del costo de perforación del mes de diciembre del 2017 y después respecto al mes de diciembre del 2018. Este último ya implementado en las mejoras operacionales presenta la reducción del costo parcial en 2,949 US\$/gdía y la reducción del costo total sin explosivo de 0.15 US\$/t.
6. La optimización de los aceros de perforación en el rendimiento anual y mensual en términos económicos de los aceros de perforación para el equipo J-310 Simba S7D para taladros largos del año 2018 presenta una reducción de costos de \$2,795.19 anual y \$93.17 mensual.

## RECOMENDACIONES

1. Existe una gran oportunidad de mejora junto al entrenamiento a los perforistas a fin de que sean capaces de detectar los cambios del terreno y regular las presiones de perforación según estas vayan variando. Actualmente esto solo se puede realizar cuando se tiene la visita del técnico mecánico para que regule la máquina.
2. Tenemos la posibilidad de cambiar las configuraciones de las brocas para cada tipo de terreno en específico, así se logrará la optimización del material, tanto en performance como en vida útil.
3. Elaborar un diagrama de causas con el método de diagrama de Ishikawa, para obtener una visión macro del problema y así al evaluar de manera eficiente a los equipos de perforación.
4. Se recomienda mantener operadores fijos en los equipos, ya que actualmente se están rotando a los operadores. Lo que conlleva a no poder un buen control de los aceros, lo que también reduce la longitud de taladros en los tajos de macizo rocoso muy inestable. Además, se debe de evitar el atascamiento de barras con la perforación en dos tramos en positivo y negativo.
5. El encontrar un adecuado intervalo de afilado optimiza la vida útil del material, intervalos inadecuados, lo que puede ser incluso perjudicial.
6. La optimización para la reducción de costos de los aceros de perforación es de manera continua, y va depender del control, evaluación, supervisión y coordinación operacional de los equipos de perforación en la unidad minera .

## BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA, Iker. Caracterización en obra y minería subterránea por monitorización de la perforación. España. 2015. ISSN 1699–7743, p. 17–21.
2. ORTEGA, C., JARAMILLO, A. y MOLINA, J.. Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina “La Maruja”, Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*. Medellín, Colombia. 2016. No. 40, p. 32. ISSN impreso 0120-3630.
3. ABANTO, J. y VASQUEZ, J. *Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45mm, rimadoras de 102mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa Conmiciv S.a.C En CMH S.a*. Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
4. CHIRINOS, A. Control de aceros de perforación, factores que influyen la vida útil, su relación con el paralelismo y profundidad en el proyecto de expansión k-115 jjc contratistas generales s.a. Sociedad Minera Cerro Verde. Universidad Nacional de San Agustín de arequipa, 2015.
5. CELIS, H.Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en Sublevel Stopping con Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, Mina Casapalca-2016.
6. FERNÁNDEZ, R. Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos. Búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación. Universidad de Oviedo, 2006.
7. AREA de Geología y Planeamiento de la Uea Yauli. Mina Carahuacra - Uea Yauli reservas y recursos minerales. oroya - yauli, 2014.
8. RAMÍREZ, F. Estudio geológico y mineralización de la up carahuacra proyecto de exploración y estimacion de recursos de la Veta Mary – nv. 1020. Universidad San Agustín de Arequipa, 2017.
9. LTDA, D C R Ingenieros S R. *Evaluación geomecánica del minado subterráneo de Mina Carahuacra*. Calle Altamira 124 Urb. Camino Real La Molina Lima Perú, 2014.
10. AREA de Geomecanica de la Unidad Productora Carahuacra. Sustento técnico de

- la tabla geomecánica minera volcan COMPAÑIA S.A.A. Oroya - Yauli, 2014.
11. JIMENO, J. *Manual de perforación y voladuras de Rocas*. Madrid - España, 1987. ISBN 84-505-7007-7.
  12. JIMENO, J. *Curso de Equipos de Perforación en Minería Subterránea - Criterios de Selección y Optimización Operativa*. 2015. Madrid - España.
  13. ATLAS Copco, Peru SAC. *Simba S7 D : Equipo de perforación de barrenos largos*. 2017. Santa Catalina - LIMA.
  14. UNIDAD Productiva Carahuacra, area geomecanica. *Estudio geomecanico para taladros largos Veta Mary-Zona Volcanica*. Oroya - Yauli, 2016.
  15. SECOROC, Atlas Copco SAC. *Product catalogue – Tophammer equipment*. . 2017.
  16. DRILLMASTER 3 - RDT. Atlas Copco Peruana S . A . Marzo 2013. .
  17. ORE, C. *Afilado de brocas*. EPIROC PERU SA. 2018. Oroya - Yauli.
  18. MALLQUI, A. *Maquinaria y equipo minero*. Huancayo - Perú, 2007. CIP 22355.

## ANEXO

### Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo será la optimización del uso de aceros de perforación para el método de minado Bench And Fill en la Veta Mary Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.?	Optimizar el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench And Fill en la Veta Mary Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.	La optimización del uso de aceros de perforación influirá positivamente en la reducción de costos de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary Unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA
¿Cómo influye las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D en el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?	Determinar la influencia de las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D en el uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.	La influencia de las variables técnicas operacionales del equipo Simba S7D en el uso de aceros de perforación, se relaciona según el tipo de roca a perforar en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
¿Cómo influye la disminución de las variables de productividad en el consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?	Disminuir las variables de productividad en el consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.	La disminución de las variables de productividad en el consumo de aceros de perforación influye positivamente en el aumento del rendimiento de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
¿Cómo influye la mejorar de la velocidad de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?	Aumentar la velocidad de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.	El aumento de la velocidad de perforación influye positivamente en la reducción del tiempo de perforación en el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.
¿Cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120?	Determinar la evaluación técnica económica del consumo de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.	La evaluación técnica económica del consumo de aceros de perforación influye positivamente en la reducción de costos de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120.

## Anexo 2. Selecciona los métodos de Minado factibles, de acuerdo a un ranking numérico establecido por Nicholas.

Plantilla para la Elección del método de explotación por Nicholas 1981. Elaboración propia, página:

[https://drive.google.com/file/d/1GGXxkXMM9XvUqrGchJ3EsstsAplSQ1G3/view?usp=sha](https://drive.google.com/file/d/1GGXxkXMM9XvUqrGchJ3EsstsAplSQ1G3/view?usp=sharing)  
[ring](https://drive.google.com/file/d/1GGXxkXMM9XvUqrGchJ3EsstsAplSQ1G3/view?usp=sharing)

SELECCIÓN DE MÉTODO DE MINADO (NICHOLAS)				Comentarios : "Cómo Ingresar los Datos"		
<b>TABLA 2</b> GEOMETRÍA DEL YACIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LEYES				<b>BORRAR</b>		
<b>1. FORMA:</b>						
Equidimensional o masivo:	M	Todas las dimensiones son similares en cualquier dirección.		<input type="checkbox"/>	}	
Tabular:	T	Dos de las dimensiones son mucho mayores que la tercera.		<input type="checkbox"/>	Ingresar "1" en la opción Escogida (columna H) Según el tipo o característica del Yacimiento	
Irregular:	I	Las dimensiones varían a distancia muy pequeñas.		<input checked="" type="checkbox"/>	}	
<b>2. POTENCIA DEL MINERAL:</b>						
Muy Estrecho	ME	(< 3 m)		<input type="checkbox"/>	}	
Estrecho	E	(3 – 10 m)		<input checked="" type="checkbox"/>	Ingresar "1" en la opción Escogida (columna H) Según el tipo o característica del Yacimiento	
Intermedio	I	(10 – 30 m)		<input type="checkbox"/>	}	
Potente	P	(30 -100 m)		<input type="checkbox"/>		
Muy potente	MP	(> 100 m)		<input type="checkbox"/>		
<b>3. INCLINACIÓN:</b>						
Echado/Tumbado	T	(< 20°)		<input type="checkbox"/>	}	
Intermedio	IT	(20 – 55°)		<input type="checkbox"/>	Ingresar "1" en la opción Escogida (columna H) Según el tipo o característica del Yacimiento	
Inclinado	IN	(> 55°)		<input checked="" type="checkbox"/>	}	
<b>4. DISTRIBUCIÓN DE LEYES</b>						
Uniforme:	U	La ley media del yacimiento se mantiene prácticamente constantemente en cualquier punto de este.		<input type="checkbox"/>	}	
Gradual o diseminado:	D	Las leyes tiene una distribución zonal, identificándose cambios graduales de unos puntos a otros.		<input type="checkbox"/>	Ingresar "1" en la opción Escogida (columna H) Según el tipo o característica del Yacimiento	
Errático:	E	No existe una relación espacial entre las leyes, ya que éstas cambian radicalmente de unos puntos a otros en distancias muy pequeñas.		<input checked="" type="checkbox"/>	}	
<b>5. PROFUNDIDAD DESDE LA SUPERFICIE</b>						
Superficial	S	(0 – 100m)		<input type="checkbox"/>	}	
Intermedio	I	(100 – 600m)		<input type="checkbox"/>	Ingresar "1" en la opción Escogida (columna H) Según el tipo o característica del Yacimiento	
Profundo	P	(> 600m)		<input checked="" type="checkbox"/>	}	
<b>TABLA 3</b> CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS						
<b>1.- RMR</b>				<b>ZONA MINERAL</b>	<b>CAJA TECHO</b>	<b>CAJA PISO</b>
Muy Débil	MD	0 - 20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Débil	D	20 - 40		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Moderado	M	40 - 60		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fuerte	F	60 – 80		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muy Fuerte	MF	80 – 100		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1.- ESFUERZO DE SUBDUCCION DE LA ROCA (RSS) - ESFUERZO UNIAXIAL/ESFUERZO PRINCIPAL</b>						
Muy Pobre	MP	(< 5)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pobre	P	(5 - 10)		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Moderado	M	(10- 15)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fuerte	F	(> 15)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Anexo 3. Tabla de selección del Método de Minado (Nicholas 1981)**

ORDEN	Método de explotación	GEOMETRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LEYES	CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE LA ROCA				TOTAL
			MINERAL	TECHO	PISO	SUB TOTAL	
1	Cut & Fill Stopping	20	5	8	6	19	39
2	Bench and Fill Stopping (Con Relleno)	14	8	7	1	16	30
2	Sublevel Stopping Longitudinal (Con Relleno)	14	8	7	1	16	30
4	Sublevel Stopping	11	8	7	1	16	27
4	Shrinkage Stopping	14	6	5	2	13	27
6	Square Set Stopping	14	2	2	3	7	21
7	Top Slicing	3	2	4	2	8	11
11	Open Pit Mining	-41	6	8	6	20	-21
12	Sublevel Caving	-40	6	5	4	15	-25
13	Block Caving	-40	3	5	6	14	-26
14	Room and Pilar	-42	6	5	0	11	-31
15	Longwall Mining	-92	6	6	0	12	-80

**Anexo 4. Tabla *benchmarking* de los dos métodos de minado predominantes**

BENCHMARKING BASE				
MINAS	YAULIYACU	MOROCOCHA		ATACOCHA
<b>UBICACIÓN</b>	Perú, Región Lima, Provincia Huarochirí, Distrito de Chilca a 3884 msnm.	Perú, Región Junín, Provincia Yauli, Distrito de Morococha a más 4550 msnm		Perú, región de Pasco provincia de Pasco, distrito de san francisco de asís de Yarusyacan a 4050 msnm
<b>CONTENIDO /PRODUCCIÓN</b>	Zn, Pb, Ag	Pb, Ag, Au, Zn	Pb, Ag, Au, Zn	Capacidad de 4400 tpd a junio 2017 produce concentrado de zinc, plomo y cobre con contenido de oro y plata
<b>MÉTODO DE MINADO</b>	Taladros largos	corte y relleno	Taladros largos	corte y relleno mecanizado Ascendente



				uso de relleno hidráulico
	TDP: 3835.61	PLANTA TDP: 5000	PLANTA TDP: 5000	PLANTA TDP: 4400
	Cut-Off económico: 23,88 \$/t	Cut-Off: 3.62%	Cut-Off: 3.62%	Cut-Off: 5.31%
	Costo de Mina: 24.62 \$/t	Costo de Mina: 37.25 \$/t	Costo de Mina: 19.71 \$/t	Costo de Mina: 24.57\$/t
	Dilución: 11%	Dilución: 10%	Dilucion:8%	Dilución: 10%
<b>PROFUNDIZACIÓN</b>	1500 metros			Nivel 1020 - 1170
<b>METALURGIA</b>	Recuperación por flotación de mineral.(85-90%)	Recuperación del 79%		Recuperación por flotación de mineral
<b>FUENTE</b>	Presentación del IIMP. PERUMIN 31 Convención Minera - Empresa los Quenuales	Investigación: Análisis Comparativo Entre Los Métodos de Explotación Sublevel Stoping Vs Corte Y Relleno Convencional En La Mina Morococha		INFORME CLASIFICACION DE RIESGO Compañía Minera Atacocha
<b>BENCHMARKING: Punto de vista Geológico - Geotécnico</b>				
<b>Minas</b>	<b>YAULIYACU</b>	<b>MOROCOCHA</b>	<b>ATACOCHA</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ROCAS</b>	Tipos de rocas: Areniscas, lutitas y Calizas. La formación Jumasha es la base de muestra columna, sobre el, las secuencias de areniscas y lutitas. Luego la formación de volcánicos y tufos. Tipos de alteración: silificación: se silifican los minerales rocosos preexistentes. Las rocas silificadas son generalmente competentes. Argilización: Las rocas argilitizadas, generalmente son incompetentes. Rumbo de anticlinales: N 20°O . Productos: Zn, Cu; Pb Y Ag	Tipo de rocas: Calizas del grupo Pucara suprayacente a ella se halla el grupo Goyllarisquiza. TIPOS DE ALTERACION: SILICIFICACION, SERICITIZACION Y CAOLINIZACION. En vetas se forman de tensión E-W, En las vetas, se forman fracturas de tensión de buzamiento N 45°- 75° E a partir de soluciones hidrotermales.	Tipos de rocas: Calizas y Scherts del Grupo Pucara del Triasico - Jurasico. Las rocas del Triasico superior - Jurasico inferior del grupo Pucara sobreyacen al Grupo Mitú Y afloran a lo largo del cinturón MAV (MILPO ATACOCHA - Vinchos). Capas y calizas y cherts a lo largo de un rumbo de N 30° O de potencias 10 - 60 cm. Productos: Pb, Cu, Zn, Ag y Au	
<b>ESTUDIO GEOMECÁNICO</b>	La mineralización no sufre aparentemente, ninguna variación de los diferentes tipos de roca que atraviesa, pero si existe variación en la naturaleza de la fractura. El buzamiento de la veta cambia cuando pasa de un tipo de roca a otra. 50°< RMR<65°	Misma estructura regional (domo de yauli) de buzamiento, también se encuentra sobre pliegues del jurásico y cretácico (anticlinales y sinclinales). Presentan estructuras con inclusiones de panizados, alto fracturamiento y humedad permanente (presencia de lagos) Fallamiento regional: N 40°O buzamiento: 30 -40° RMR = 75°	Roca regular a Pobre por el contenido de pirita en el mineral. RMR<60° RMR=39°	
<b>RELACION CON LA UNIDAD CARAHUACRA</b>	La alteración de las rocas cajas están relacionados a la clase de roca huésped. La caliza se encuentra mayormente silicificada, dolomitizada adyacente a los	El tipo de alteración es similar a la Unidad minera Carahuacra, ya que hay silicificación en la roca caja y las fracturas se dan a partir de soluciones hidrotermales, sobre	La relación estructural con la etapa de emplazamiento de stocks que se presenta en la unidad Carahuacra está asociada con la	

	<p>estratos mineralizados y en zonas alejadas la alteración consiste en una moderada re cristalización y piritización; asimismo es conspicua la formación de brechas de solución y estructuras cársticas. El RMR no varía de caja techo y piso 40-45. Con calidad regular A y tipo de macizo rocoso IIIB. El GSI de las cajas techo y piso tiene una condición estructural muy Fracturado (70%) MF. La Condición Superficial, ofrece una resistencia de Regular (60%), a Pobre (40%). Tomando un tipo de terreno: MF/R, MF/P. se tiene un RMR más real, debido a sus características similares a la unidad minera Carahuacra.</p>	<p>pliegues del jurásico - Cretácico, considerando los factores de alto fracturamiento y humedad permanente debido a la presencia de lagunas de áreas grandes (aprox 5 km<sup>2</sup>) alrededor Se toman en cuenta más lagos aledaños, que afectaría a nuestro RMR 89, pre eso consideraremos un RMR más bajo. Tendríamos que considerar un mayor RMR a este.</p>	<p>mineralización. Concordante con las calizas y tufos del grupo Pucará, ocurre mineralización en forma de mantos, los cuales en profundidad cambian a cuerpos irregulares de mineral. Cabe notar que estos mantos se ubican a partir del contacto volcánico-caliza y a lo largo de este, allá donde se intercepta con fracturas que atraviesan el anticlinal. la mineralización más intensa de Pirita debilita al RMR de la roca. Por lo tanto, se debe considerar un RMR mayor a este</p>
<b>DISTANCIA A LA UNIDAD CARAHUACRA</b>	<b>29.40 km</b>	<b>29.70 km</b>	<b>182 km</b>

**Anexo 5. Tabla del TRADE-OFF de los dos métodos de minado predominantes.**

<b>TRADE OFF MÉTODOS DE MINADO</b>			
<b>MÉTODO</b>	<b>TALADROS LARGOS</b>	<b>CORTE Y RELLENO</b>	<b>Unidades</b>
<b>RECURSOS</b>	6,000,000	6,000,000	t
<b>DILUCION</b>			
<b>K DE O`HARA</b>	55	25	
<b>POTENCIA</b>	3.28	3.28	m
<b>DILUCION ESTIMADA</b>	30.56	13.89	%
<b>POTENCIA DILUIDA</b>	4.28	3.74	m
<b>RECURSOS DILUIDOS</b>	7,833,324	6,833,329	t
<b>RECURSOS DILUIDOS INDICADOS</b>	2,236,656	1,016,662	t
<b>TONELAJE TOTAL</b>			
<b>RECUPERACION DE MINA</b>	80%	90%	%
<b>TONELAJE MINADO</b>	1,789,324	914,995	t
<b>RITMO DE PRODUCCIÓN</b>			

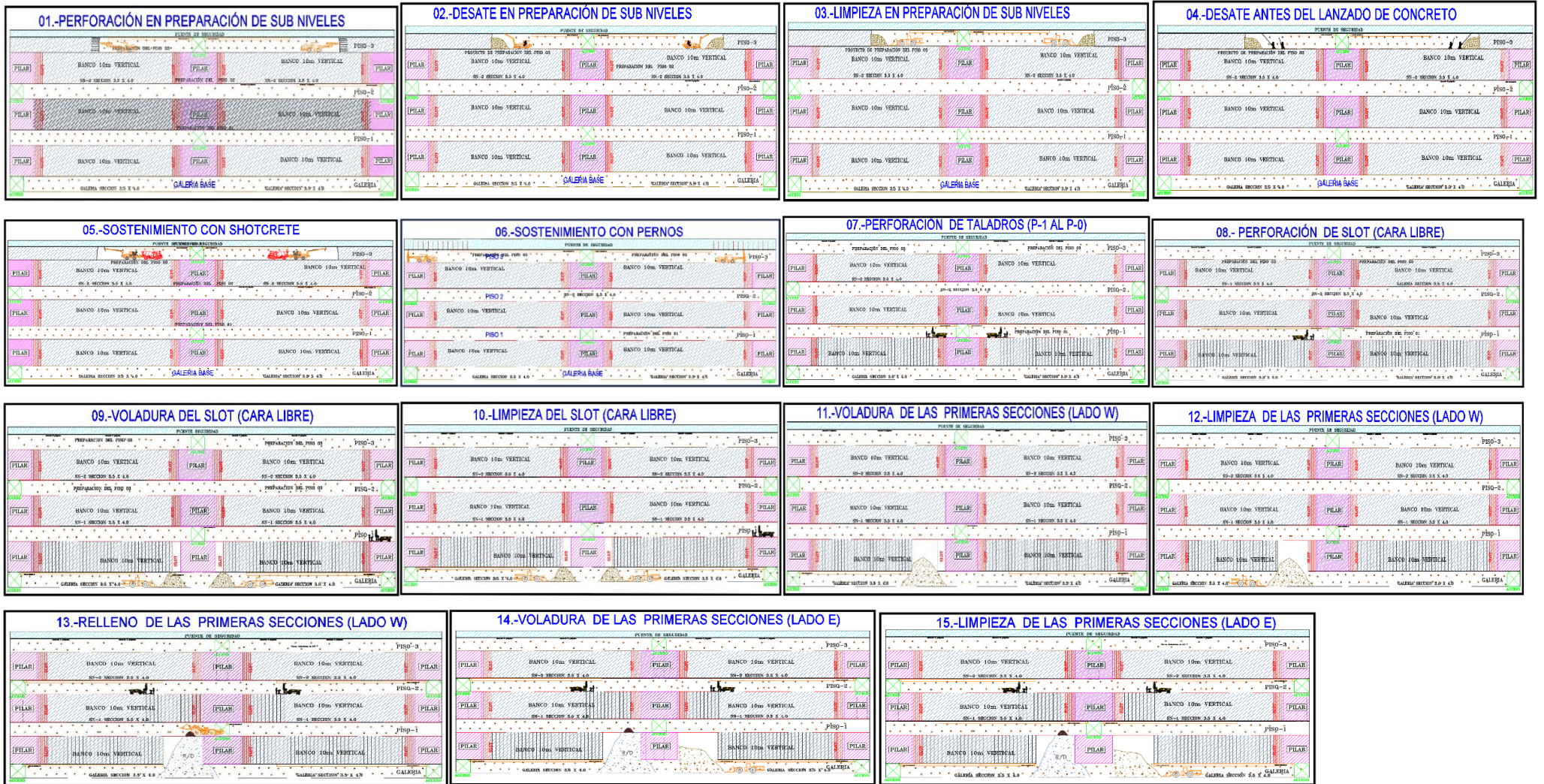
<b>RESERVAS</b>	6,043,999.78	5,918,333.74	t
<b>PRODUCCIÓN ANUAL</b>	609,485	599,956	t
<b>PRODUCCIÓN DIÁRIA</b>	1,670	1,644	t
<b>PRODUCCIÓN DIÁRIA</b>	1,841	1,812	tc
<b>CAPEX por formula</b>	7,294,355.9	39,712,539	\$
<b>OPEX mina</b>	58.34	72.46	\$/t
<b>VIDA DE LA MINA</b>	12.24	12	Años
<b>TOTAL</b>	35,557,380.50	43,472,830.99	\$
<b>COSTO UNITARIO</b>	5.88	7.35	\$/t
<b>MARGEN ECONOMICO LEY EQUIVALENTE</b>			
<b>LEY EQUIVALENTE zinc</b>	7.05	7.51	g/t
<b>VPT</b>	148.05	157.71	\$/t
<b>VPT - COSTOS OPERATIVOS - INVERSION UNITARIA</b>	83.83	77.90	\$/t
<b>DIFERENCIA</b>	7.60%	5.92	%
<b>METODO SELECCIONADO</b>	<b>TALADROS LARGOS</b>		

Sustento: Debido al margen económico que nos presenta este método de minado agregándole que este segundo método es más seguro en consideración con la seguridad.





- De acuerdo al Trade Off realizado y en base al margen económico hallado, US\$ 77.90/t para Cut and Fill y US\$ 83.83/t para Sublevel Stopping, se considera como método de minado a Sublevel Stopping.

## Anexo 6. Ciclo minado de bench and fill



## Anexo 7. Inspección técnica de perforación de taladros largos

<p><b>A. Taller de afilado.</b></p> <p>Se viene trabajando con normalidad con el equipo de afilado GRIND MATIC HG Utilizando para el devastado de brocas.</p>	
<p><b>B. Inspecciones técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En las asistencias técnicas a los diferentes equipos el objetivo de la visita es concientizarlos a los operadores en el cuidado de aceros de perforación, logrando su compromiso de parte de los mismos y con esto mejorar nuestro rendimiento.</li> <li>➤ Problemas identificados en las asistencias técnicas se coordina inmediatamente con los técnicos de Epiroc servicios y se redujo las paradas de equipos por accesorios en mal estado.</li> </ul>	
<p><b>Visita técnica.</b></p>	<p><b>Terreno muy fracturado y abrasivo.</b></p>
<p><b>Fecha:</b> 31 de mayo del 2018</p>	
<p><b>Equipo:</b> Simba J-310.</p>	
<p><b>Operador:</b></p>	
<p><b>Labor:</b> Tj.120. Acc.510.</p>	
<p><b>Nivel:</b> 1120</p>	
<p><b>Observación:</b> Se realiza la inspección al Simba J-310 en el Tajo, 155 Acc.810 y NV 870 para cambio de columna, que está próximo de su metraje. Ya que esta labor tiene un banqueo de 21m. Se verifica su parámetro de perforación estando en lo correcto y se mide con el tacómetro su RPM lo cual se encuentran elevados. En broca de Ø 64 se encuentra en 179rpm. Lo cual debe estar en 155rpm y en rimadora tiene 130, cual debe estar en 110 a 120 como máximo. Y en plena perforación se puede notar que esta desalineado los patines de la meza de la Cop 1838. Por lo cual se comunica al supervisor de mantenimiento Epiroc para que haga las correcciones. Comunicándonos que esta Simba el operador lo dio como inoperativo y está bajando para su mantenimiento.</p> <p>Se coordina con el ingeniero jefe de guardia que no está dejando 01 a 02 secciones perforadas y entubadas para</p>	<p><b>ROTACION= 53 bar PERCUSION = 120 bar. AVANCE= 54 DEMASIADO.</b></p>
	

la protección de las barras. Ya que la voladura afecta un radio de 1m y es allí donde tenemos más posibilidad de atascamiento.

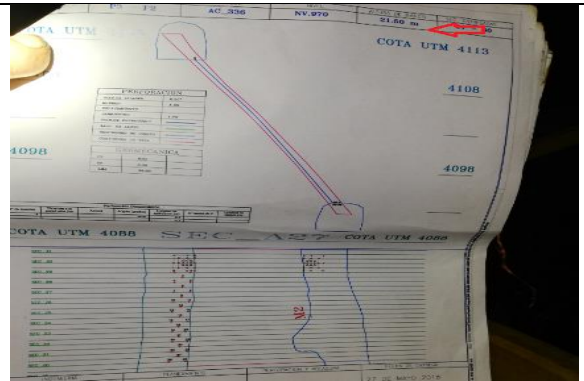
Por lo cual se acude a las primeras horas de la mañana a evaluar parámetros y ver la causa raíz del evento. Por lo cual se consulta al operador cual es el problema y él nos constata que es terreno que es muy fracturado y abrasivo.

Como se puede apreciar en la foto se está dejando perforados taladros, pero por la voladura se están comprimiendo.

**Plan de acción:**

- Se viene ingresando a la unidad minera para la inspección de los Simbas como prioridad para verificar el estado de las columnas de perforación.
- Se concientiza a los operadores a retornar sus aceros a los casilleros de manera que no lo sobre perforen.
- Se está llevando un control de los aceros, teniendo la base de metros perforados al día, así como la base de consumo, esas dos bases nos permiten poder calcular cuando se debe cambiar un acero, previniendo de esta manera que el equipo quede en espera de aceros.
- Se recomienda dejar 1 a 2 secciones perforadas y entubadas para la protección de las columnas. Y así reducir la probabilidad de atascamientos.

**ALTURA DE BANCO= 21.50m**



**En la imagen se observa que no está alineado. Y esto deteriora las zonas roscadas de la columna.**



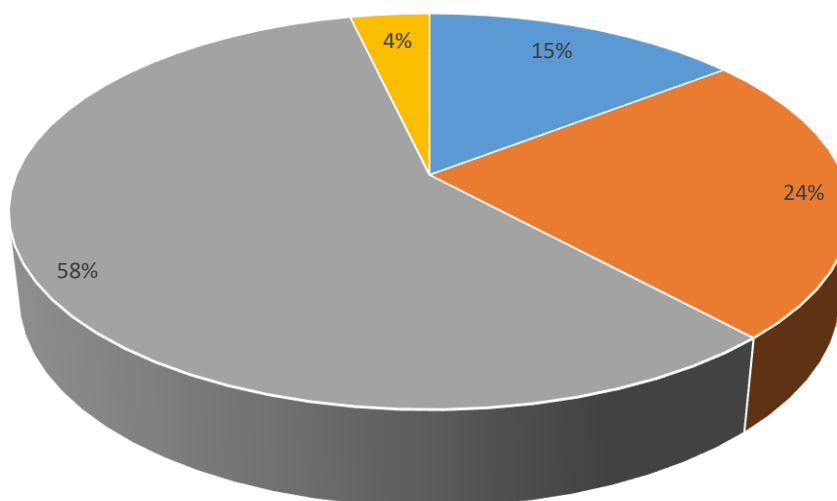
**Como se puede apreciar se está acumulando taladros. Y no hay mucha probabilidad de atascamiento.**



**Anexo 8. Precio unitario de la columna de perforación de taladros largos en proporción a los costos**

DESCRIPCIÓN	PU \$	CONSUMO	COSTO MENSUAL (\$)	PORCENTAJE
SHANK COP 1550, 1838 T38	326.35	8	2610.80	15%
BARRA T38-RD38-T38 5'	300.85	13	3911.05	24%
BROCA RETRAC. DC T38 X 64MM	147.90	32	4732.80	58%
BROCA DOMO T38 X 127 MM ESF	505.00	2	1010.00	4%
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>1280.10</b>	<b>55.00</b>	<b>12264.65</b>	<b>100%</b>

**PORCENTAJE RELACION AL PRECIO Y CONSUMO**

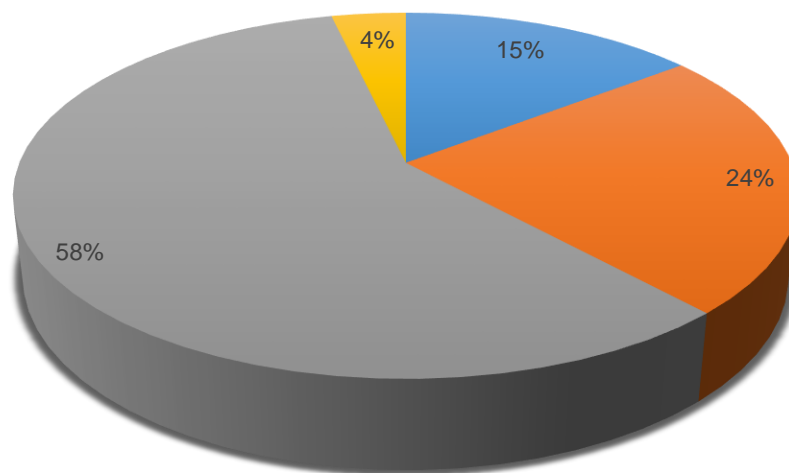


- SHANK COP 1550, 1838 T38
- BARRA T38-RD38-T38 5'
- BROCA RETRAC. DC T38 X 64MM
- BROCA DOMO T38 X 127 MM ESF

- **Precio unitario de la columna de perforación en frentes de avance en proporción a los costos**

DESCRIPCIÓN	PU \$	CONSUMO	COSTO MENSUAL (\$)	PORCENTAJE
ACOPLE T38/T38	78.5	4	314.00	16%
BARRA T38-H35-SR35 X 14'	450	3	1350.00	12%
BROCA SR35 X 51MM ESFRICO	109	14	1526.00	56%
RIMADOR DOMO SR35 X 102MM BAL	289.33	2	578.66	8%
SHANK COP 1838/1638 T38 X 435MM	298.38	2	596.76	8%
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>1225.21</b>	<b>25.00</b>	<b>4365.42</b>	<b>100%</b>

**PORCENTAJE RELACION AL PRECIO Y CONSUMO**



- SHANK COP 1550, 1838 T38
- BARRA T38-RD38-T38 5'
- BROCA RETRAC. DC T38 X 64MM
- BROCA DOMO T38 X 127 MM ESF



**Anexo 9. Costo por metro perforado-tarifa (calculo por tarifa metro perforado- taladros largos)**

**PERFORACION DE PRODUCCION - TALADROS LARGOS**

TIPO DE TALADRO	Nº PARTE	DESCRIPCION	VIDA UTIL (metros)	UNIDAD	PRECIO US\$	US\$/MP	porcentaje
TALADROS DE PRODUCCION	90516184	SHANK COP 1550, 1838 T38	2500	mts	326.35	S/0.131	11%
	90510720	BARRA T38-RD38-T38 5'	400	mts	300.85	S/0.752	64%
	90029467	BROCA RETRAC. DC T38 X 64MM	500	mts	147.90	S/0.296	25%
COSTO TOTAL (US\$/MP)						S/1.178	100%
TALADROS DE ALIVIO	90513776	BROCA DOMO T38 X 127 MM ESF	350	mts	505.00	S/1.443	100%
COSTO TOTAL (US\$/MP)						S/1.443	100%

ANÁLIS DE COSTOS SEGÚN TIPO DE MALLA DE PERFORACIÓN	NÚMERO DE TALADROS	LONGITUD DE BARRA	TOTAL METROS PERFORADOS	COSTO TOTAL (US\$)
costo por frente (13 taladros + 4 Rimadoras)	16	15	240	S/282.83
costo Rimado (04 taladros)	4	15	60	S/86.57
COSTO TOTAL DE TALADROS LARGOS			S/300.00	S/369.40

**SUB TOTAL GENERAL (USD/PP) S/1.20**

**Anexo 10. Costo por metro perforado-tarifa (calculo por tarifa metro perforado-perforación de frentes)**

**PERFORACION DE FRENTEROS -DESARROLLO**

	Nº PARTE	DESCRIPCION	VIDA UTIL (metros)	UNIDAD	PRECIO US\$	US\$/MP	porcentaje
<b>TALADROS DE PRODUCCION</b>	90515737	ACOPLE T38/T38	5500	mts	78.5	S/0.014	5%
	90513858	BARRA T38-H35-SR35 X 14'	5500	mts	450	S/0.082	30%
	90514649	BROCA SR35 X 51MM ESFRICO	750	mts	109	S/0.145	53%
	90516120	SHANK COP 1838/1638 T38 X 435MM	8500	mts	298.38	S/0.035	13%
						S/0.277	100%
<b>TALADROS DE ALIVIO</b>	90029808	RIMADOR DOMO SR35 X 102MM BAL	450	mts	289.33	S/0.643	233%
						S/0.643	233%

**Optimización de 0.41 a 0.31 metro perforado el costo en la perforación en sostenimiento es de 0.68 USD/PP**

ANÁLISIS DE COSTOS SEGÚN TIPO DE MALLA DE PERFORACION	NUMERO DE TALADROS	LONGITUD DE BARRA	TOTAL METROS PERFORADOS	COSTO TOTAL (US\$)
costo por frente (44 taladros + 3 Rimadoras)	47	4	188	S/51.99
costo Rimado (03 taladros)	4	4	16	S/10.29
COSTO TOTAL POR FRENTE			204.00	S/62.27
<b>SUB TOTAL GENERAL (USD/PP)</b>				<b>S/0.31</b>

## Anexo 11. Costos de perforación.

Plantilla para el Cálculo del Costo de Perforación elaboración propia, página:

[https://drive.google.com/file/d/1tytnqcq234-7-KEQOgDc1rqEzek\\_-pmCa/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1tytnqcq234-7-KEQOgDc1rqEzek_-pmCa/view?usp=sharing)

### ➤ Cálculo del costo horario – presupuesto Simba S7 D

#### DATOS PRESUPUESTO DEL SIMBA S7 D

Valor adquisición con llantas	500,000	US\$	Intereses (año)	9%
Valor Compresor	20,000	US\$	Seguros (%)	2.1%
Costo de adquisición	520,000	US\$	Impuestos	1.4%
Valor de rescate	0	0%		
Vida económica	2,800	Horas	Años	2
Horas mínimas	117	Horas		

133.3333333

#### DATOS DEL REPORTE DE MANTTO

Tiempo de funcionamiento del Motor del equipo	2.88	Hrs/día
Tiempo de funcionamiento de la Perforadora Hidraulica	3.80	Hrs/día
Tiempo de funcionamiento del Compresor	6.06	Hrs/día
Consumo de Petroleo del equipo	1.50	Gal/hr
Costo de Petroleo Diesel D2	4.60	US \$/Gal

$$1.- \text{TIEMPO OPERATIVO (Hrs/mes)} = (\text{TRABAJO DEL EQUIPO hr/DIA}) \times (\text{DIAS DEL MES DE OPERACION DEL EQUIPO})$$

<u>Tiempo de funcionamiento del Motor del equipo</u>						
TIEMPO OPERATIVO (Hrs/mes) =	2.88	Hrs/día	X	31	dias/mes	89.28 Hrs/mes 1051.2 Hrs/año 2102.4 Hrs x 2 años
<u>Tiempo de funcionamiento de la Perforadora Hidraulica</u>						
TIEMPO OPERATIVO (Hrs/mes) =	3.80	Hrs/día	X	31	dias/mes	117.8 Hrs/mes 1387 Hrs/año 2774 Hrs x 2 años
<u>Tiempo de funcionamiento del Compresor</u>						
TIEMPO OPERATIVO (Hrs/mes) =	6.06	Hrs/día	X	31	dias/mes	187.86 Hrs/mes 2211.9 Hrs/año 4423.8 Hrs x 2 años

$$2.- \text{COSTO DE COMBUSTIBLE AL MES} = (\text{consumo de petroleo del equipo (Gal/Hr)}) \times (\text{COSTO DEL GALON (US \$/Ga)}) \times (\text{TIEMPO OPERATIVO (Hrs/mes)})$$

$$\text{COSTO DE COMBUSTIBLE AL MES} = 1.5 \text{ Gal/hr} \times 4.60 \text{ US \$/Gal} \times 89.28 \text{ Hrs/mes} = \$ 616.03$$

$$3.- \text{Consumo cantidad de galones (Gal/mes)} = (\text{consumo de petroleo del equipo (Gal/Hr)}) \times (\text{TIEMPO OPERATIVO (Hrs/mes)})$$

$$\text{Consumo cantidad de galones (Gal/mes)} = 1.5 \text{ Gal/hr} \times 89.28 \text{ Hrs/mes} = 133.92 \text{ Gal/mes}$$

4.-

$$\text{DEPRECIACION} = \left( 0.80 \times \frac{\text{COSTO DE ADQUISICION}}{\text{vida util}} \right)$$

el mas usual es el 20% del costo de adquisicion el resto 80%, dividido entre la vida util. referencia - MALLQUI TAPIA, ANIBAL NEMESIO. LIBRO: MAQUINARIA Y EQUIPO MINERO. 2007. CIP 22355

$$\text{DEPRECIACION} = \frac{0.80 \times \$ 520,000.00}{2 \text{ año}} = \$ 208,000 \text{ US \$/año}$$

en dos años la depreciacion es: \$ 416,000 US \\$/año

5.-

$$\text{AMORTIZACION} = \left( \frac{\text{INTERESES ANUAL} \times \text{IMA} \times \text{VIDA UTIL DEL EQUIPO}(Fi)}{\text{TIEMPO OPERATIVO} \left( \frac{\text{Hrs}}{\text{anual}} \right)} \right)$$

MALLQUI TAPIA, ANIBAL NEMESIO. LIBRO: MAQUINARIA Y EQUIPO MINERO. 2007. CIP 22355

$$\text{VIDA UTIL DEL EQUIPO}(Fi) = \frac{(n+1)}{2n} = 0.75$$

IMA Inversion Media Anual (IMA) =

$$= \left( \frac{\text{Costo de adquisición} \times (\text{VIDA UTIL DEL EQUIPO}(\text{Años}) + 1) + \text{Valor de rescate} \times (\text{VIDA UTIL DEL EQUIPO}(\text{Años}) - 1)}{2 \times \text{VIDA UTIL DEL EQUIPO}(\text{Años})} \right)$$

$$\text{IMA Inversion Media Anual (IMA)} = \$ 520,000 \times \left( \frac{2 + 1}{2} \right) + 0 \times \left( \frac{2 - 1}{2} \right)$$

$$\text{IMA Inversion Media Anual (IMA)} = \$ 390,000$$

$$\text{AMORTIZACION} = \frac{9\% \times \$ 390,000.00 \times 0.75}{1051.2} = \$ 26,325$$

En dos años la depreciacion es: \$ 52,650 US \\$/año

6.-

$$\text{Seguros y Impuestos} = (\text{seguros} + \text{impuestos}) \times \text{IMA} \times \text{VIDA UTIL DEL EQUIPO}$$

$$\text{Seguros y Impuestos} = (2.1\% + 1.4\%) \times \$ 390,000 \times 2 = \$ 27,066$$

7.-

$$\text{COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO (motor)} = \left( \frac{\text{TIEMPO OPERATIVO} (\text{Hrs/año})}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right) \times \text{Costo del mantenimiento Preventivo Equipo por nivel}$$

Costo del mantenimiento Preventivo Equipo por nivel:

Nivel 1120  
Costo 128 US \$  
Frecuencia 125 Hrs

$$\text{MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO} = \frac{1051.2}{125} \times \$ 128 = \$ 1,075.21$$

En dos años de mantto preventivo es: \$ 2,150 US \\$/año

7.1.- 
$$\text{COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO (perforadora)} = \left( \frac{\text{TIEMPO OPERATIVO (Hrs/año)}}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right) \times \text{Costo del mantenimiento Preventivo Equipo por nivel}$$

Costo del mantenimiento Preventivo perforadora por nivel:  
 Nivel 1120  
 Costo \$22.6 US \$  
 Frecuencia 125 Hrs

MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO =  $\frac{1387}{125} \times \$ 23 = \$ 250.49$

En dos años de manto preventivo es: \$ 501 US \$/año

7.2.- 
$$\text{COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO (Compresor)} = \left( \frac{\text{TIEMPO OPERATIVO (Hrs/año)}}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right) \times \text{Costo del mantenimiento Preventivo Equipo por nivel}$$

Costo del mantenimiento Preventivo compresor por nivel:  
 Nivel 1120  
 Costo \$22.1 US \$  
 Frecuencia 125 Hrs

MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO =  $\frac{2211.9}{125} \times \$ 22 = \$ 390.18$

En dos años de manto preventivo es: \$ 780 US \$/año

7.3.- costo anual de mantenimiento de cada Componentes (US \$) =  
 Costo del mantenimiento Preventivo del componente(US \$) x numero de veces al mes en manto durante el año

**Mantenimiento Componentes Mayores**

Componente	Costo	Frecuencia	Unidad	Total por 2 Año
Motor (Overhaul)	\$18,000.00	16000	Hrs	\$0.00
Motor (Parcial)	\$10,000.00	3000	Hrs	\$0.00
Bomba hidrostática	\$7,000.00	2800	Hrs	\$0.00
Transmision	\$6,000.00	2800	Hrs	\$0.00
Eje delantero	\$5,000.00	3000	Hrs	\$0.00
Eje posterior	\$5,000.00	3000	Hrs	\$0.00
Articulaciones	\$5,000.00	2500	Hrs	\$0.00
Llantas Del.	\$1,750.00	1500	Hrs	\$1,750.00
Llantas Pos.	\$1,750.00	1500	Hrs	\$1,750.00
Perforadora Hidraulica	\$18,000.00	1800	Hrs	\$18,000.00
Viga de Alimentacion	\$6,000.00	700	Hrs	\$18,000.00
Bomba de Agua	\$3,000.00	3600	Hrs	\$0.00
Carrusel	\$8,000.00	1800	Hrs	\$8,000.00
Compresor	\$4,000.00	5000	Hrs	\$0.00
Cable de Alimentacion	\$5,700.00	3800	Hrs	\$5,700.00
Sistema de Enrollamiento	\$2,000.00	5000	Hrs	\$0.00
Sist. Hidráulico	\$8,000.00	1600	Hrs	\$16,000.00
Sist. Eléctrico	\$6,800.00	1800	Hrs	\$13,600.00
Boom	\$5,000.00	3500	Hrs	\$5,000.00
Servicios MO (Terceros)	\$0.00	3%	%	\$15,600.00
Sub Total Componentes Mayores				\$ 103,400.00

Costo del mantenimiento Preventivo compresor por nivel:  
 pieza en manto  
 selección de componente **Sist. Eléctrico**  
 Costo \$6,800.0 US \$  
 numero de veces al mes en manto durante el año

MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO = \$ 6,800 X 1 = \$ 6,800

En dos años de manto preventivo es: \$ 13,600 US \$/ 2 año

Es a criterio por eventos de operación, puede ser mensual cada dos o tres meses talvez a mas

8.- 
$$\text{Costo Horario de Propiedad US \$/Hr} = \left( \frac{\text{costo Total US \$(2 años)}}{\text{Tiempo de funcionamiento de la Perforadora Hidraulica} \left( \frac{\text{Hrs}}{2\text{Años}} \right)} \right)$$

costo total US \$ por 2 años = DEPRECIACION POR 2 AÑOS + AMORTIZACION POR 2 AÑOS + SEGUROS Y IMPUESTOS POR 2 AÑOS  
 costo total US \$ por 2 años = \$ 416,000 + \$ 52,650 + \$ 27,066 = \$ 495,716

Costo Horario de Propiedad US \$/Hr =  $\frac{495,716}{2774} = \$ 179$

9.- Costo Total de manto US \$/ 2 años = (COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO (motor) + COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO (perforadora) + COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO (Compresor) + costo anual de mantenimiento de cada Componentes) + MANTTO RUTINARIO POR MES

MANTENIMIENTO RUTINARIO = \$90.0 US \$/mes

Costo Total de manto US \$/ 2 años = \$ 2,150 + \$ 501 + \$ 780 + \$ 103,400 + \$90.0 = \$ 106,922

10.- 
$$\text{Costo Horario de Mantenimiento US \$/Hr} = \left( \frac{\text{Costo Total de mantto US \$/ 2 años}}{\text{Tiempo de funcionamiento de la Perforadora Hidraulica (Hrs/2Años)}} \right)$$

**Costo Horario de Mantenimiento US \\$/Hr = \$  $\frac{106,922}{2774}$  . = \$ 38.54**

11.- 
$$\text{Total US \$/2años} = (\text{Total Costos de Propiedad} + \text{Total costo Mantenimiento Preventivo})$$

**Total US \\$/ 2 años = \$ 495,716 . + \$ 106,922 . = \$ 602,638**

12.- 
$$\text{Costo Horario US \$/Hr} = \left( \frac{\text{Total US \$/ 2 años}}{\text{COSTO(Hrs /DIA) MENSUAL}} \right)$$

**Costo Horario US \\$/Hr = \$  $\frac{602,638}{2102.4}$  . = \$ 286.64**

➤ Salarios de los trabajadores

CALCULO DE LA MANO OBRA			
CATEGORIA OBREROS		CATEGORIA EMPLEADOS MINA	
<b>A) APORTACIONES DE LEY</b>			
ESSALUD	9.0%	9.0%	
SEGUROS COMPLEMENTARIOS			
SALUD (Atencion medica)	1.37%	1.37%	
SCTR PENSION	5.5%	5.5%	
SEGURO DE ACCIDENTES PERSONALES	0.6%		
SEGURO DE VIDA LEY	0.60%	0.45%	
AFP COMPLEMENTARIO (jubilacion anticipada)	2%	2%	
	19.09%	18.32%	% de aportacion de ley sobre el jornal basico
<b>B) PERIODO ANUAL</b>			
Descanso semanal obligatorio (DSO)	365	365	
Feriados en mina	-48	-48	
Vacaciones	-13	-13	
Enfermedad	-30	-30	
	-7	-7	
DIAS LABORALES AL AÑO	267	267	
<b>C) CALCULO DE LOS DIAS PARA LAS APORTACIONES ADICIONALES</b>			
CTS	30 + (GRATIFICACIONES (60)/12)	35	DIAS
<b>D) APORTACIONES ADICIONALES</b>			
	DIAS	% sobre DLA	
1.- Compensacion por tiempo de servicios CTS	35	13.11%	13.11%
2.- Vacaciones	30	11.24%	13.38%
3.- Dominical	48	17.98%	21.41%
4.- Feriados	13	9.74%	11.60%
5.- Gratificacion Julio	30	11.24%	13.38%
6.- Gratificacion Diciembre	30	11.24%	13.38%
TOTAL APORTACIONES (%Jornal basico)		74.53%	86.26%
<b>E) TOTAL LEYES SOCIALES (% Jornal Basico)</b>			
APORTACIONES DE LEY		19.09%	18.32%
TOTAL APORTACIONES ADICIONALES		86.26%	64.51%
TOTAL LEYES SOCIALES		<b>105.35%</b>	<b>82.83%</b>

**DETALLE DE REMUNERACIONES Y SALARIOS**

Tipo de Cambio	2.80	Soles/US\$
Beneficios Sociales (Obreros)	105.35%	
Beneficios Sociales (Empleados)	82.83%	
Días por mes	30	
Días por mes (Empleado)	25	
N° de Domingos	4	
Horas de trabajo por día	8	
Horas totales por mes	208	
N° días de trabajo por mes en sistema 14 x 7	20	
Horas por guardia	10.40	
Factor por tarea	1.30	
Alimentación	0.00	

$$\text{REMUNERACION (US\$ / día)} = \frac{\text{REMUNERACION (s/. / día)}}{\text{(Tipo de Cambio Soles/US\$)}}$$

$$\text{TOTAL (US\$) Propuesto} = (\text{REMUNERACION (US\$ / día)} * (1 + \text{BENEFICIOS SOCIALES (\%)}) + \text{Alimentación (US\$ / día)})$$

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	REMUNERACION (s/. / día)	REMUNERACION (US\$ / día)	BENEFICIOS SOCIALES (%)	Alimentación (US\$ / día)	TOTAL (US\$) Propuesto
<b>1.0 OBREROS</b>								
1.01	Operador Simba	Jornal	1	120.00	42.86	105%	0.00	88.01
1.10	Ayudante Operador Simba	Jornal	1	55.00	19.64	105%	0.00	40.34
1.36	Jefe de Guardia	Sueldo	1	300.00	107.14	83%	0.00	195.89
1.41	Personal Equipo Pesado	Sueldo	1	160.00	57.14	83%	0.00	104.48
1.44	Choferes Camioneta Mantenimiento	Sueldo	1	80.00	28.57	83%	0.00	52.24
1.45	Choferes Camión Servicios, lubricador	Sueldo	1	80.00	28.57	83%	0.00	52.24

- Precios unitarios de los accesorios de perforación y equipos e accesorios de afilado de brocas.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Propuesta (US\$/Unidad)
<b>item DATOS ACEROS DE PERFORACION</b>				
1.00	Copas de Afilado	Jgo	1	400.00
1.01	Aguzadora de copas	Pza	1	5.00
1.02	BROCA RETRAC. DC T38 X 64MM	Pza	1	147.90
1.03	BARRA T38-RD38-T38 5'	Pza	10	300.85
1.04	BROCA ESCARIADORA T38 X 127 MM ESF	Pza	1	505.00
1.05	SHANK COP 1550, 1838 T38	Pza	1	326.35

1.-

$$\text{RENDIMIENTO (US\$/pp) ROCA DURA} = \frac{\text{CANTIDAD} * \text{Propuesta (US\$/Unidad)}}{\text{VIDA UTIL}}$$

$$\text{RENDIMIENTO SHANK (US\$/pp)} = \frac{1 \times 3481}{2500} = 1.39 \text{ US\$/pp}$$

$$\text{RENDIMIENTO BARRA (US\$/pp)} = \frac{1 \times 595}{400} = 1.49 \text{ US\$/pp}$$

$$\text{RENDIMIENTO BROCA RETRACTIL (US\$/pp)} = \frac{1 \times 682}{500} = 1.36 \text{ US\$/pp}$$

$$\text{RENDIMIENTO BROCA ESCARIADORA (US\$/pp)} = \frac{1 \times 473}{350} = 1.35 \text{ US\$/pp}$$

2.-

RENDIMIENTO (US\$/pp) ROCA MEDIA = CANTIDAD\*Propuesta (US\$/Unidad)/VIDA UTIL

RENDIMIENTO SHANK (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 2724}{2500}$	=	1.09	US\$/pp
RENDIMIENTO BARRA (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 465}{400}$	=	1.16	US\$/pp
RENDIMIENTO BROCA RETRACTIL (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 533}{500}$	=	1.07	US\$/pp
RENDIMIENTO BROCA ESCARIADORA (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 370}{350}$	=	1.06	US\$/pp

3.-

RENDIMIENTO (US\$/pp) ROCA SUAVE = CANTIDAD\*Propuesta (US\$/Unidad)/VIDA UTIL

RENDIMIENTO SHANK (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 2051}{2500}$	=	0.82	US\$/pp
RENDIMIENTO BARRA (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 350}{400}$	=	0.88	US\$/pp
RENDIMIENTO BROCA RETRACTIL (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 402}{500}$	=	0.80	US\$/pp
RENDIMIENTO BROCA ESCARIADORA (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 279}{350}$	=	0.80	US\$/pp

4.-

RENDIMIENTO (US\$/pp) Copas de Afilado= CANTIDAD\*Propuesta (US\$/Unidad)/VIDA UTIL

VIDA UTIL DE COPAS DE AFILADO =	10,000 metros perfo.			
RENDIMIENTO Copas de Afilado (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 400}{10,000}$	=	0.04	US\$/pp

5.-

RENDIMIENTO (US\$/pp) Aguzadora de copas = CANTIDAD\*Propuesta (US\$/Unidad)/VIDA

VIDA UTIL DE COPAS DE AFILADO =	15,000 metros perfo.			
RENDIMIENTO Aguzadora de copas (US\$/pp) =	$\frac{1 \times 5}{15,000}$	=	0.0003	US\$/pp

➤ Costo de lámparas mineras

Item	Descripcion	Unidad	Costo US\$/UNIDAD	Vida Util DIAS	Costo US\$ /Gdia
5.00	LAMPARAS MINERAS (incluye mantenimiento)				
5.01	LAMPARA MINERA marca: OLDHAM	Pza	359	360	1.00
5.02	CARGADOR DE 40 PTO5	Pza	4554	720	0.16
				US\$ / Gdia	1.16



➤ Cálculo del costo de EPPS

1.00	DESCRIPCION	Cantidad	costo unit.	vida util tarea	total S/ tarea
1.01	TAPON AUDITIVO SILICONA 26DB	1.00	1.62	45	0.04
1.02	ANTEOJO DE LUNA CLARA MSA MAVERICK UV400	1.00	4.64	45	0.10
1.03	BOTA DE JEBE C/PUNTA DE ACERO N°38	1.00	18.57	150	0.12
1.04	BOTIN DE CUERO P/ACERO N°42	1.00	17.40	300	0.06
1.05	TAFILETE ACOLCHADO	1.00	6.52	150	0.04
1.06	CASCO TIPO MINERO VERDE COMPLETO	1.00	10.57	300	0.04
1.07	CASCO TIPO JOCKEY VERDE COMPLETO	1.00	10.26	600	0.02
1.08	GUANTE DE NEOPRENE 12" CORRUGADO	1.00	6.27	15	0.42
1.09	GUANTE DE CUERO AMARILLO LIVIANO	1.00	3.57	15	0.24
1.1	CORREA PORTALAMPARA DE NYLON	1.00	2.50	300	0.01
1.11	FILTRO DE FELPA 3M-2097 P100	1.00	8.21	2	4.11
1.12	PROTECTOR PARA FILTRO 2097	1.00	1.05	150	0.01
1.13	RESPIRADOR 7502 MEDIA CARA SILICONA - MED	1.00	22.97	150	0.15
1.14	CASACA DE TELA ENJEBADA	1.00	17.77	150	0.12
1.15	PANTALON TELA ENJEBADA	1.00	15.98	150	0.11
1.16	MAMELUCO DRILL ACOLCHADO T/XL NORMA ANSI II	2.00	36.68	150	0.49
1.17	BARBIQUEJOS PARA CASCOS	1.00	0.30	90	0.00
1.18	ARNES TIPO PARACIDISTA 03 ANILLOS	1.00	34.82	300	0.12
1.19	LINEA DE VIDA NYLON	1.00	30.39	300	0.10
<b>TOTAL US\$ /Guardia</b>					<b>6.28</b>

➤ Costo de herramientas Utilizadas.

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo US\$ / UNIDAD	Vida Util DIAS	Costo US\$ /Gdia
<b>3.00</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>					
3.01	Lampa	Pza.	2	8.30	30	0.28
3.02	Pico	Pza.	2	11.00	30	0.37
3.03	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 10'	Pza.	2	34.17	120	0.28
3.04	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 12'	Pza.	2	39.58	120	0.33
3.05	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 14'	Pza.	2	45.39	120	0.38
3.06	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 4'	Pza.	2	22.44	120	0.19
3.07	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 6'	Pza.	2	26.52	121	0.22
3.08	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 8'	Pza.	2	30.09	122	0.25
3.09	CIZALLA MANUAL DE18"	Pza.	1	55.69	150	0.37
3.10	COMBA 6LB ACERADA	Pza.	1	16.94	180	0.09
3.11	LLAVE STILSON 14"	Pza.	1	14.71	30	0.49
3.12	FLEXOMETRO DE 5 MT	Pza.	1	4.49	30	0.15
3.13	ARCO DE SIERRA	Pza.	1	8.90	30	0.30
3.14	CORDEL DE NYLON	MTS	10	4.32	30	0.14
3.15	AGUJA DE ARIERO	Pza.	1	0.47	15	0.03
3.16	PUNZÓN DE CO BRE	Pza.	1	6.26	180	0.03
3.17	TABLERO DE GESTIÓN	Pza.	1	53.57	360	0.15
3.18	MOCHILA DE LONA PARA EX'PLOSIVO	Pza.	2	31.43	180	0.17
3.19	ATACADORES DE 11/4 X 3.5 MT	Pza.	2	5.21	30	0.17
3.20	Tíner	Gal	1	4.05	10	0.40
3.21	PINTURA ESMALTE BLANCO	Gal	1	7.21	10	0.72
3.22	Brocha	Pza.	1	7.14	10	0.71
3.23	Disco de perforacion	Pza.	1	7.29	30	0.24
3.24	Sacabarrenos	Pza.	1	35.71	120	0.30
3.25	PINTURA EN SPRAY BLANCA	Gal	1	1.82	7	0.26
<b>US\$ / Gdia</b>						<b>7.04</b>

**Anexo 12. Rendimientos de los aceros de perforación del año 2017 del equipo Simba S7D**

DESCRIPCIÓN	Consumo de Aceros de Perforación en Unidades				Rendimiento Promedio mensual en Metros Perforados		Vida Útil de Aceros de Perforación En Metros			
	SHANK COP 1550, 1838 T38	BARRA T38- RD38- T38 5'	BROCA RETRAC. DC T38 X 64 mm	BROCA DOMO T38 X 127 mm ESF	METROS PERFORADOS	METROS RIMADOS	2500 m	400 m	500 m	350 m
Meses							SHANK	BARRA	BROCA	RIMADORA
Feb-17	3	32	33	4	14,316	1,104	2,045	447	434	276
Mar-17	2	44	25	4	10,916	1,447	2,183	248	437	362
Abr-17	4	48	33	1	13,265	195	2,211	276	402	195
May-17	9	52	30	4	14,833	1,475	1,348	285	494	369
Jun-17	6	58	37	3	18,321	1,244	2,036	316	495	415
Jul-17	4	55	34	2	18,301	745	2,288	333	538	373
Ago-17	5	40	34	2	16,136	647	1,793	403	475	324
Set-17	4	47	41	1	19,161	572	2,129	408	467	572
Oct-17	4	52	36	2	19,480	765	1,948	375	541	383
Nov-17	3	51	39	3	20,689	1,378	2,586	406	530	459
Dic-17	4	46	37	2	19,339	741	1,934	420	523	371
Ene-18	4	58	9	1	23,222	238	2,322	400	464	238
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>583</b>	<b>388</b>	<b>25</b>	<b>17,332</b>	<b>879</b>	<b>2,039</b>	<b>357</b>	<b>485</b>	<b>361</b>

**Anexo 13. Rendimientos de aceros de perforación del año 2018 del equipo Simba S7D**

DESCRIPCIÓN	Consumo de Aceros de Perforación en Unidades				Rendimiento Promedio mensual en Metros Perforados		Vida Útil de Aceros de Perforación En Metros			
	SHANK COP 1550, 1838 T38	BARRA T38-RD38-T38 5'	BROCA RETRAC. DC T38 X 64 mm	BROCA DOMO T38 X 127 mm ESF	METROS PERFORADOS	METROS RIMADOS	2500 m	400 m	500 m	350 m
Meses	SHANK	BARRA	BROCA	BROCA	METROS PERFORADOS	METROS RIMADOS	SHANK	BARRA	BROCA	RIMADORA
Feb-18	2	10	10		4824		2412	482	482	370
Mar-18	2	14	10		5143		2571	367	514	347
Abr-18	2	12	12	1	5431	370	2715	453	453	370
May-18	2	12	10		5309		2655	442	531	346
Jun-18	2	11	9		4521		2260	411	502	370
Jul-18	2	11	9	1	4859	347	2430	442	540	347
Ago-18	2	14	10		5507		2754	393	551	346
Set-18	2	12	9		4979		2490	415	553	347
Oct-18	2	15	12	1	6290	346	3145	419	524	346
Nov-18	2	10	10		5144		2572	514	514	370
Dic-18	2	11	12		5496		2748	500	458	346
Ene-19	2	10	10		4989		2494	499	499	370
<b>TOTAL</b>	24	142	123	3	62489	1063	<b>2,604</b>	<b>445</b>	<b>510</b>	<b>354</b>