

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la
elección de los aceros de perforación en taladros
largos de la Unidad Minera Carahuacra**

Osmar Efrain Cerron Acosta

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Jesus Fernando Martinez Ildefonso

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme el conocimiento necesario para cumplir este objetivo profesional.

A mis padres, por su dedicación, enseñanzas y recomendaciones, para formarme profesionalmente.

A la universidad Continental, por brindarme una formación integral y de calidad.

A los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas, por darme los conocimientos necesarios, para mi formación profesional.

DEDICATORIA

Le dedico esta tesis a mis padres: Efraín Cerrón Luján y Anamelba Acosta Cerrón, a mis hermanos Katia Magaly y André Efraín, y a mi pareja Diana C. Gutiérrez Del Carmen, porque son ellos la fuente principal de mi superación personal y profesional.

A mi asesor que con su conocimiento y experiencia ha aportado a mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE TABLAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	17
1.1 Planteamiento y Formulación del Problema.....	17
1.1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.1.2 Formulación del problema.....	18
1.1.3 Objetivo general.....	19
1.1.4 Objetivos específicos.....	19
1.2 Justificación e Importancia.....	19
1.2.1 Justificación practica.....	19
1.2.2 Justificación teórica.....	20
1.2.3 Justificación metodológica.....	20
1.3 Hipótesis.....	20
1.3.1 Hipótesis general.....	20
1.3.2 Hipótesis específicas.....	20
1.4 Identificación de las variables.....	21
1.4.1 Variables independientes.....	21
1.4.2 Variables dependientes.....	21
1.4.3 Matriz de operacionalización de variables.....	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes del Problema.....	23
2.2. Descripción de la unidad económica administrativa Carahuacra de Volcan Compañía Minera S. A. A.....	27

2.2.1 Ubicación y accesibilidad	27
2.2.2 Geología regional	28
2.2.3 Geología local	29
2.2.4 Geología estructural	33
2.2.5 Geología económica	35
2.3. Bases teóricas	38
2.3.1 Proceso secuencial para la elección técnica económica de la columna de perforación.....	38
2.3.2 Caracterización de la masa rocosa unidad productora Carahuacra de la veta Maria Luisa	39
2.3.3 Evaluación técnica del equipo de perforación (factores y parámetros de perforación) unidad productora Carahuacra de la veta Mari Luisa	50
2.3.4 Propuesta de implementación de la columna de perforación unidad productora Carahuacra de la veta Mari Luisa	55
2.3.5 Comparación estadística de los rendimientos en la vida útil, consumo y costo de la columna de perforación	62
2.3.6 Elección de la columna de perforación adecuada para la actividad de perforación en la unidad minera Carahuacra	70
2.4. Definición de términos	72
2.4.1 Contrato metro perforado.....	72
2.4.2 Mantenimiento de aceros.....	72
2.4.3 Columna de perforación.....	72
2.4.4 Intervalo de afilado	72
2.4.5 Sobre perforación	72
2.4.6 Estadísticas de vida útil	72
CAPÍTULO III MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.1 Método y alcances de la investigación.....	73
3.1.1 Método general o teórico de la investigación.....	73
3.1.2 Método específico de la investigación	73
3.2 Diseño de la investigación	74
3.2.1 Tipo de diseño de investigación.....	74
3.2.2 Nivel de investigación	74

3.3 Población y muestra	74
3.3.1 Población	74
3.3.2 Muestra	74
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	74
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	74
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos	75
3.5 Método y procedimientos para la recolección de datos	75
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
4.1 Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos	76
4.1.1 Análisis comparativo de las columnas de perforación con broca de perforación	77
4.1.2 Evaluación de los metros perforados de los aceros de perforación en relación con los dos tipos de brocas	78
4.2 Evaluación de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación	80
4.3 Evaluación del control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la veta María Luisa	87
4.2.1 Comparación estadística de los rendimientos de la vida útil, consumo y costo de la evaluación de la columna de perforación.....	89
4.4 Evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación en la perforación de taladros largos en la veta María Luisa	94
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y accesibilidad mina Carahuacra.....	27
Tabla 2. Sección C-C tajo 933, tramo Brecha Volcánica.....	44
Tabla 3. Sección B-B tajo 933, tramo Roca Volcánica.....	44
Tabla 4. Tamaño de la sección recomendado de labor.....	51
Tabla 5. Clasificación RMR del macizo rocoso-veta María Luisa.....	55
Tabla 6. Rendimientos de la broca según el tipo de roca y condición de trabajo del año 2019 de la broca Retráctil faldón largo T38	57
Tabla 7. Rendimientos de la broca según el tipo de roca y condición de trabajo del año 2020 de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros.....	58
Tabla 8. Tamaño de la sección recomendado de labor.....	63
Tabla 9. Cálculo simple del costo por metro perforado de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro.....	63
Tabla 10. Cálculo simple del costo por metro perforado de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro.....	65
Tabla 11. Análisis comparativo broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro de los metros perforados.....	68
Tabla 12. Consumo de brocas 64 mm para la perforación de taladros largos.....	70
Tabla 13. Comparativo de rendimientos de la vida útil de las dos brocas de perforación para el metro de minado por bench and fill del año 2018 y 2019.....	71
Tabla 14. Clasificación RMR del macizo rocoso-veta María Luisa.....	76
Tabla 15. Análisis comparativo de la broca de perforación de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros utilizado en la Veta María Luisa.....	78
Tabla 16. Metros perforados de los aceros de perforación en relación con los dos tipos de brocas.....	79
Tabla 17. Análisis de pérdida de penetración de la roca-veta María Luisa, tajeo 933 E-W del nivel 970.....	82
Tabla 18. Controles de factores y parámetros de perforación en la vida útil y rendimiento de las brocas del equipo de perforación Simba S7D.....	87

Tabla 19. Comparativo de rendimientos de la vida útil de las dos brocas de perforación para el metro de minado por bench and fill del año 2019 y 2020.....	95
Tabla 20. Comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2019 y del año 2020 de los equipos de perforación.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad productora Carahuacra.....	28
Figura 2. Plano de mapeo geológico de la unidad productora Carahuacra.....	29
Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad productora Carahuacra.....	30
Figura 4. Plano geológico estructural de la unidad productora Carahuacra.....	35
Figura 5. Modelo de mineralización de la veta unidad productora Carahuacra.....	37
Figura 6. Plano de vetas mineralizadas de la Unidad productora Carahuacra.....	38
Figura 7. Proceso secuencial para la elección técnica económica de la columna de perforación	39
Figura 8: Plano topográfico, sección Longitudinal SN_933E-W, y SN_875	41
Figura 9. Plano de la zonificación geomecánica del SN_875.....	43
Figura 10. Vista general en planta de la veta ML, con las secciones motivo de estudio	45
Figura 11. Comportamiento del esfuerzo principal.....	45
Figura 12. Comportamiento de los vectores de deformación	46
Figura 13. Factor de seguridad: $FS= 1.26$, en la sección B-B.....	46
Figura 14. Deformación que experimentará el terreno al finalizado el minado en la sección B-B.....	47
Figura 15. factor de seguridad: $FS= 0.95$, en la sección C-C.....	48
Figura 16. Deformación que experimentará el terreno al finalizado el minado en la sección C-C	49
Figura 17. Dimensiones y radio de giro del equipo Simba S7D	51
Figura 18. Perforación de taladros largos equipo J – 310 (Simba S7D).....	52
Figura 19. Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos	56
Figura 20. Características de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros	59
Figura 21. Características de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros	60

Figura 22. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros	61
Figura 23. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros	62
Figura 24. Comparación de metros perforados en relación al consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros respecto al año 2018	66
Figura 25. Medición del desgaste de la broca según la clasificación del tipo de roca evaluada de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro respecto al año 2018	67
Figura 27. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros	80
Figura 28. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros	81
Figura 29. Velocidad de penetración pie/min broca 64 mm-veta Mary.....	83
Figura 30. Tiempo requerido para 10 taladros de 12 m (8 barras de 5 pies) broca 64 mm-veta Mary.....	84
Figura 31. El rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de los adaptadores de culata utilizada en la veta María Luisa	85
Figura 32. El rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de la barra de 5 pies utilizada en la veta María Luisa.....	86
Figura 33. El rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de las brocas de perforación broca retráctil faldón largo y broca retráctil de faldón corto T38 X 64 mm.....	86
Figura 34. Comparación de metros perforados en relación al consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro respecto al año 2019	90
Figura 35. Comparación de metros perforados en relación al consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros respecto al año 2020.....	91

Figura 36. Valorización de metros perforados por mes de la perforación de taladros largos de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros del año 2019	92
Figura 37. Valorización de metros perforados por mes de la perforación de taladros largos de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros del año 2020.....	94
Figura 38. Comparación del incremento de rendimiento en costos anual y mensual de los equipos de perforación de la unidad Carahuacra	97

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 María Luisa, una de la más representativa del yacimiento minero. Es en el tajeo 933 E-W del nivel 970, donde se consideran todas las variables del presente estudio y establecer conceptos de mejora en el uso de aceros de perforación para el método de minado *bench and fill*.

La evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de la columna de perforación permite establecer los rangos de parámetros de perforación para la veta María Luisa Tajeo 933 en los dos tipos de rocas. En las rocas encajonantes que es la dacita de tipo regular con RMR de 45 el trabajo es con dificultad intermedia; mientras que, en rocas mineralizada que es la esfalerita con RMR de 31 de tipo mala. En función a los tipos de brocas en relación a la columna de perforación con broca retráctil faldón corto T38 X 64 mm utilizada en el año 2020 se obtuvo un rendimiento mayor a la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 mm del 2019 en 165 m/p más respectivamente.

La evaluación de la caracterización geomecánica del macizo rocoso condiciona al rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación, el afilado juega un papel importante en el alargamiento de la vida útil en comparación con las dos brocas la broca retráctil de faldón corto obtuvo 16 m/p más sobre la vida útil, este análisis ayuda alargar también los demás accesorios en adaptador de culata de 52 m/p más, en las barras de 5 pies 105 m/p, en la broca de faldón corto 41 m/p más.

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 2020 presenta una reducción de costos de \$2,346.90 anual y \$78.23 mensual.

Palabra clave: Evaluación geomecánica del macizo rocoso.

ABSTRACT

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 con el estudio en la Veta María Luisa, una de la más representativa del yacimiento minero. Es en el tajeo 933 E-W del nivel 970, donde se consideran todas las variables del presente estudio y establecer conceptos de mejora en el uso de aceros de perforación para el método de Minado Bench and Fill.

La evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de la columna de perforación los rangos de parámetros de perforación para la Veta María Luisa Tajeo 933 en los dos tipos de rocas, en las rocas encajonantes que es la dacita de tipo regular con RMR de 45 el trabajo es con dificultad intermedia y en rocas roca mineralizada que es la esfalerita con RMR de 31 de tipo mala en función a los tipos de brocas en relación a la columna de perforación con Broca Retráctil faldón corto T38 X 64 mm usado en el Año 2020 se Obtuvo un rendimiento mayor a la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 mm del 2019 en 165 m / p más respectivamente.

La evaluación de la caracterización geomecánica del macizo rocoso condiciona al rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación, el afilado juega un papel importante en el alargamiento de la vida útil en comparación con las dos brocas la broca retráctil de faldón corto obtenido 16 m / p más sobre la vida útil, este análisis ayuda alargar también los demás accesorios en adaptador de culata de 52 m / p más, en las barras de 5 pies 105 m / p, en la broca de faldón corto 41 m / p más.

Drilling steels optimization in annual and monthly performance in economic terms of drill steels for the 2020 J-310 Simba S7D Long Drill Rig presents a cost reduction of \$ 2,346.90 per year and \$ 78.23 per month.

Keyword: Geomechanical evaluation of the rock mass

INTRODUCCIÓN

La unidad productora Carahuacra es una de las componentes de la UEA Yauli de Volcan Compañía Minera S. A. A. Hoy en día dicha unidad se encuentra explotando por el método de minado *bench and fill* en cuerpos y siguiendo vetas de nivel a nivel, en los trabajos de perforación. Este método se viene ejecutando con brocas retráctil con faldón largo de 64 milímetros, a raíz de esto surgen problemas al realizar la perforación en la presente tesis la broca retráctil con faldón corto de 64 milímetros, la tesis está dividida en cuatro capítulos.

En el capítulo I, se presenta el problema general, el cual es lograr evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico y en esta se muestra que existen estudios de la utilización de aceros de perforación para el método de taladros largos, en esta investigación se señala el análisis e interpretación de datos de perforación, el estudio de la geomecánica es de interés primordial para la elección de la columna de perforación a utilizar mejorando proceso productivo.

En el capítulo III, detalla el método utilizado en la investigación, el cual es el método deductivo; y analítico. Método deductivo: deducir la elección del uso de aceros de perforación, ideal para la mina; que se analizara mediante datos de campo *insitu* y equipo de perforación utilizado, en la actividad de perforación de taladros largos, el método analítico se utilizó para análisis de la caracterización geomecánica del macizo rocoso para la perforación de taladros largos.

En 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 mejoramiento en función a rendimiento de los aceros de perforación anual y mensual basado en un estudio geomecánico de la roca, 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

En la mayoría de empresas mineras en todo mundo, el trabajo de perforación del macizo rocoso está muy desarrollado. Existen empresas especialistas en trabajos de perforación, las cuales parten de un estudio detallado de la geomecánica para la elección de la columna de perforación, en dicho estudio está incluido la broca que se va utilizar en la empresa minera.

Las empresas mineras en el Perú, hoy en día en los trabajos de perforación, se encuentran con muchas dificultades por no evaluar detalladamente el macizo rocoso *insitu*, se sabe que la caracterización geomecánica va variando según se va profundizando el tipo de roca, el cual no es uniforme; por lo tanto, este estudio debe ser gradual, para evitar pérdidas en el consumo de las piezas de perforación.

La unidad productora Carahuacra es una de las componentes de la UEA Yauli de Volcan Compañía Minera S. A. A. Hoy en día dicha unidad se encuentra explotando por el método de minado *bench and fill* en cuerpos y siguiendo vetas de nivel a nivel. En los trabajos de perforación que utiliza este método, se viene ejecutando con brocas retráctil con faldón largo de 64 milímetros, a raíz de esto surgen problemas al realizar la perforación.

La evaluación de la clasificación geomecánica del macizo rocoso es primordial para la elección de los aceros de perforación a utilizar, según el tipo de roca ya sea dura, intermedia o suave, la broca a utilizar para la perforación debe contener características primordiales que ayuden el trabajo sin generar pérdidas tanto en la productividad como en el excesivo consumo de ellas mismas.

Una vez caracterizado el macizo rocoso se debe evaluar los controles de los factores y parámetros de perforación antes, durante y después del trabajo de perforación. Estos aspectos técnicos son esenciales para la toma de decisiones correctas, que resuelvan con eficacia y se reflejen en el resultado final de la perforación. En el día a día en los trabajos de perforación se cuenta con resultados en términos de rendimientos, consumo y vida útil, estos datos estadísticos nos ayudan a reajustar algunas variables, factores o parámetros que ayuden a mejorar resultados de manera continua.

Es importante nombrar 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. 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 para ir eliminando una a una estas deficiencias y así elevar la productividad de la mina.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación en la unidad minera Carahuacra?

- ¿Cómo influye el control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la unidad minera Carahuacra?
- ¿Cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación en la perforación de taladros largos en la unidad minera Carahuacra?

1.1.3 Objetivo general

- Determinar cómo influye la evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra

1.1.4 Objetivos específicos

- Determinar cómo influye la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación en la unidad minera Carahuacra.
- Determinar cómo influye el control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la unidad minera Carahuacra.
- Determinar cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación en la perforación de taladros largos en la unidad minera Carahuacra.

1.2 Justificación e Importancia

1.2.1 Justificación practica

La veta Maria Luisa del tajeo 933 E-W del nivel 970 de la unidad de extracción de Carahuacra perteneciente a la empresa Volcan Compañía Minera S. A. A. evidencia dificultades en los rendimientos de la vida útil de la broca de perforación, lo que lleva un alto costo unitario en la perforación de taladros largos. Existen variables primordiales a evaluar en el tipo de macizo rocoso a perforar. Así, 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; en primer lugar, generan pérdidas productivas y en segundo lugar un alto sobre costo de perforación.

1.2.2 Justificación teórica

La unidad Carahuacra pertenece a la empresa Volcan Compañía Minera S. A. A. La evaluación geomecánica para la caracterización del macizo rocoso es una variable que no podemos controlar *in situ*, nos condiciona a habituarnos a ella y escoger una broca para ese tipo roca. 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 el equipo de perforación simba S7D.

1.2.3 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 María Luisa en el tajeo 933 E-W del nivel 970 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.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

- La evaluación geomecánica del macizo rocoso influye positivamente en la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra.

1.3.2 Hipótesis específicas

- La caracterización geomecánica del macizo rocoso influye positivamente en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación en la unidad minera Carahuacra.

- El control de los factores y parámetros de perforación influye positivamente en el consumo de aceros de perforación en la unidad minera Carahuacra.
- La evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación es factible en la perforación de taladros largos en la unidad minera Carahuacra

1.4 Identificación de las variables

1.4.1 Variables independientes

- **Evaluación geomecánica del macizo rocoso.** Es la interpretación mediante la valoración de la roca de manera cualitativa a lo cuantitativo que permite estimar y clasificar el macizo rocoso, la clasificación geomecánica de Bieniawski o clasificación RMR

1.4.2 Variables dependientes

- **Aceros de perforación en taladros largos.** Es la evaluación técnica de las características de los aceros de perforación según el tipo de roca a perforar en términos monetarios para la factibilidad en su uso y minimización de pérdidas, el equipo simba S7D utiliza broca de perforación con diámetros de 64 mm en taladros largos. Existen fabricantes como Epiroc y Sandvik también entre otros distribuidores de venta como empresas especializadas en contrato de metro perforado.

1.4.3 Matriz de operacionalización de variables

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
V.I: Evaluación Geomecánica del macizo rocoso.	Es la interpretación mediante la valoración de la roca de manera cualitativa a lo cuantitativo que permite estimar y clasificar el macizo rocoso.	Evaluación de la caracterización geomecánica.	<ul style="list-style-type: none"> • Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso. • Familias de discontinuidades. • Parámetros de las discontinuidades.
V.D: Elección de los aceros de perforación en taladros largos.	Es la evaluación técnica de las características de los aceros de perforación, según el tipo de roca a perforar en términos monetarios para la factibilidad en su uso y minimización de pérdidas.	<p>Evaluación en el procedimiento adecuado para la perforación.</p> <p>Evaluación en el control de los aceros de perforación.</p> <p>Evaluación y capacitación del personal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Factores de perforación. • Parámetros de perforación. • Vida útil. • Desgaste diametral en mm. • Horas efectivas de capacitación. • Metros perforados. • PETS.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

a) Tesis titulada “*Análisis del consumo de barrenos y brocas en corporación minera Ananea S.A.*”. La investigación se realizó en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para el análisis del consumo de los aceros de perforación y reducir costos alargando su vida útil. Además, la metodología tiene las siguientes características: (1)

- El factor relevante el afilado de la broca implica que las brocas alcancen la efectividad de su vida útil o superarla, a su vez paralelo a este factor tiene que ver con que la empresa genere las condiciones y recursos necesarios para el correcto afilado de brocas dentro del trabajo operativo en su implementación, dentro del programa de mantenimiento. (1)

- El factor que afecta en menor medida la vida útil del barreno y la broca es la dureza de la roca, ya que, al tener un tipo de roca dura o un tipo de roca muy abrasiva, será más difícil de perforar y por lo cual genera un mayor desgaste tanto en los botones de las brocas como en el mismo cuerpo de la broca y el barreno, y no cumpla con su respectiva vida útil. (1)

- Los factores que destacan son la presión del aire, que, al no tener una presión de aire estándar, afecta principalmente en la percusión por lo cual el barreno y la broca tienden a maltratarse. (1)

b) Tesis titulada “*Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45 mm, rimadoras de 102 mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la Empresa Conmiciv S. A. C en CMH S. A*”. El estudio 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. Además, la metodología tiene las siguientes características: (2)

- 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. (2)
- La herramienta de control, un reporte para el consumo de brocas para hacer un seguimiento. (2)
- El plan de capacitaciones en perforación y voladura mensual. (2)

c) 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*”. El estudio se realizó en la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. La investigación 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. Además, la metodología tiene las siguientes características: (3)

- El paralelismo y la desviación de los taladros es directamente proporcional al resultado de la voladura. (3)
- La fragmentación depende del diseño de malla teniendo en cuenta el tipo de roca. (3)
- El control de aceros de perforación y su seguimiento serán la clave para la producción no pare. (3)

d) 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 stoping Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, mina Casapalca-Unidad Americana 2016*”. El estudio se realizó en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Trujillo. La investigación 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. Además, la metodología tiene las siguientes características. (4)

- 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. (4)
- La desviación de taladros por medio de la longitud de perforación. (4)
- Las longitudes de taladros de producción de 8 m y 12 m con desviaciones de 0.26 m y 0.45 m respectivamente permisible. (4)

e) 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 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. Además, la metodología tiene las siguientes características: (5)

- Interpretación de los datos geomecánicos, materiales y equipos utilizados, muestras de ensayo. (5)
- Diseño del trabajo de campo, realización del procedimiento de ensayo, medición de desgastes y corrección de errores en la toma de datos. (5)
- Análisis de resultados metros perforados de avance ensayos el producto duración-velocidad. (5)
- Resultados la optimización técnica-económica. (5)

f) Tesis titulada “*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.*”. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para optimizar el uso de aceros de perforación para el método de minado *bench and fill* en la veta Mary unidad minera Carahuacra. Además, la metodología tiene las siguientes características: (6)

- 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. (6)
- Se sugiere 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. (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. (6)

2.2. Descripción de la unidad económica administrativa Carahuacra de Volcan Compañía Minera S. A. A.

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

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

Tabla 1. Ubicación y accesibilidad mina Carahuacra

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo aproximado (h)
Lima a la Oroya	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.
La Oroya a mina Carahuacra	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 1 hora 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

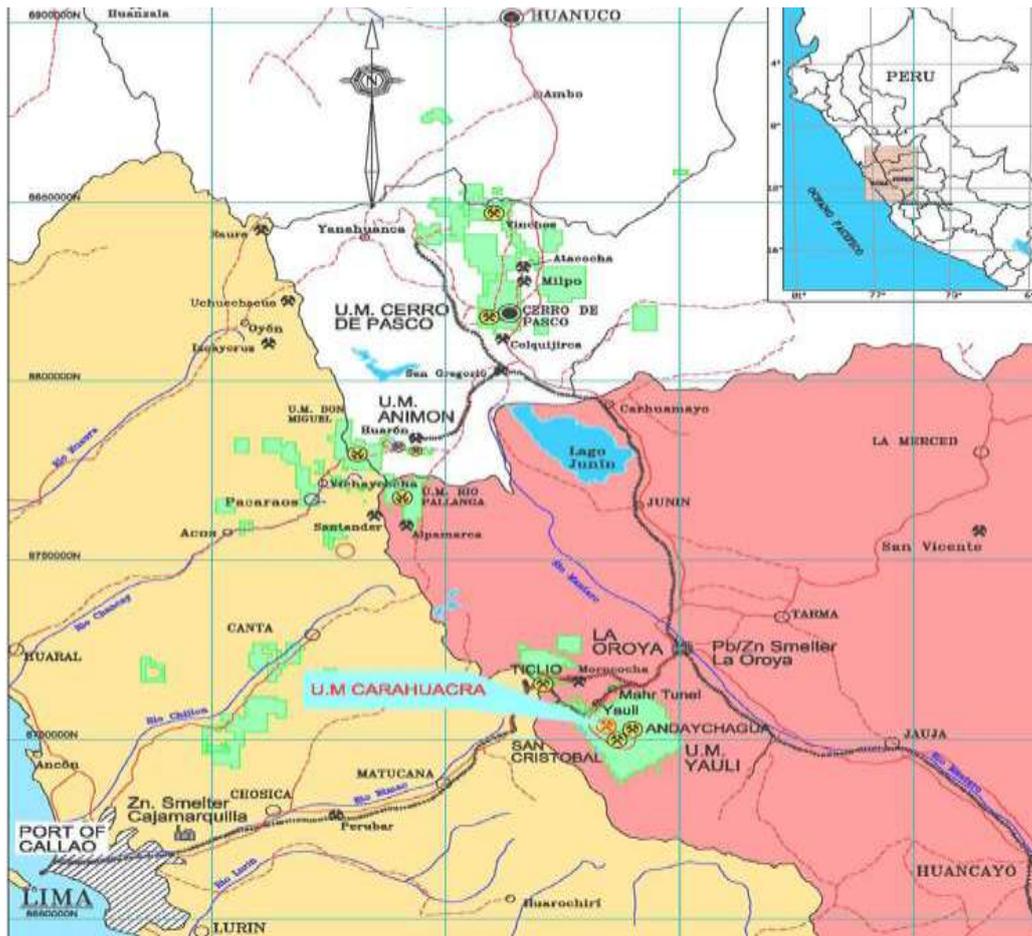


Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad productora Carahuacra
 Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2017

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 Excélsior y el superior por el grupo Mitú; el Excélsior 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 Goyllarisquizga, grupo Machay y

formación Jumasha. Cuerpos intrusivos y capas extrusivas testimonian la actividad ígnea en la zona. (7)

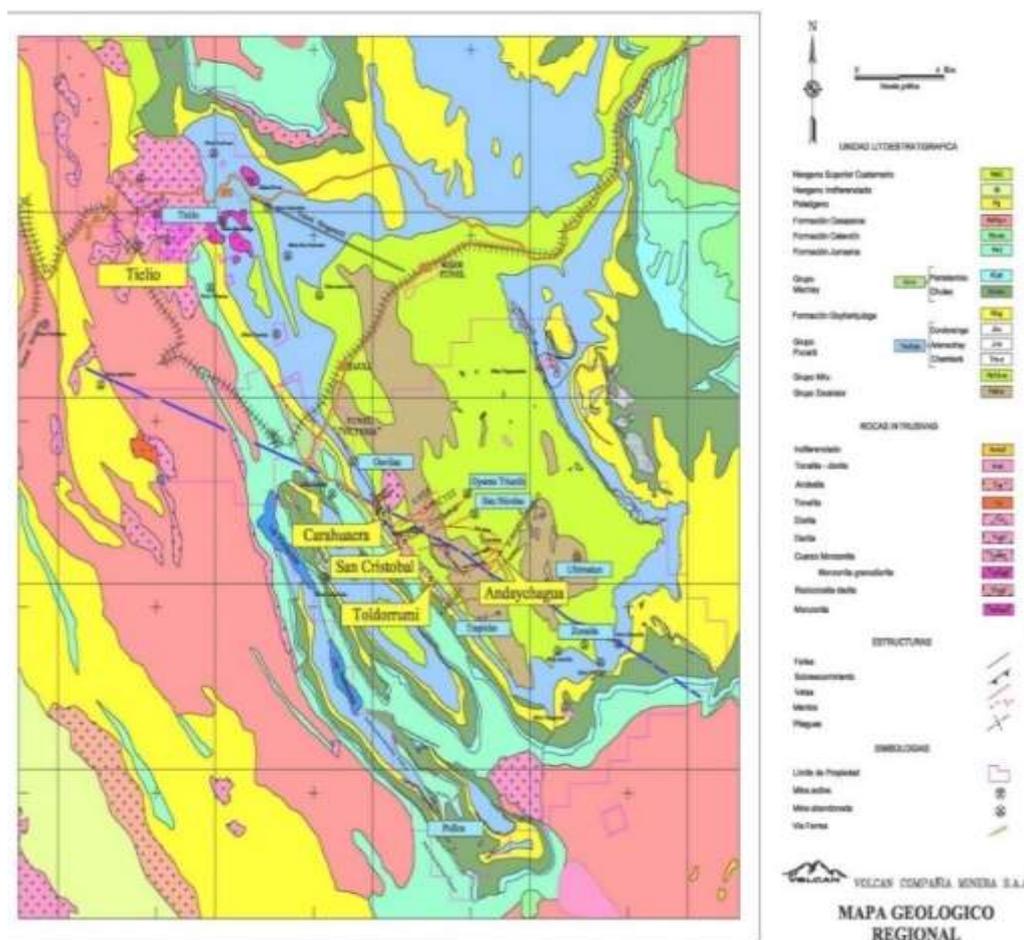


Figura 2. Plano de mapeo geológico de la unidad productora Carahuacra Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2017

2.2.3 Geología local

2.2.3.1. Secuencia litológica

La secuencia litológica 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 Calizas Lutitas Calicheas Calizas arenolosas arenosas	Intrusivos intermedios Cuadro-Dicritas Intrusivo Acido tipo Chumpe Granitos	
MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	COMANCHEADO	FORMACION JUMASHA		Disconformidad erosional Calizas masivas y Dol. poco fossiliferas Basalto	Cuellos de Basaltos a traves de todas las Formaciones	Mineralización estratoligada de Fe, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu
		NEOCOMICO (EOCRET.)		GRUPO MACHAY FORMACION PARIATAMBO FORMACION CHULEC GRUPO GOYLLAR		Alternancia de Clz. Bit. con nódulos de chert Calizas y Dolomitas Alternancia de Clz. Margosas Fossil. Qst. Basaltos Moisés Areniscas Limolitas rojas	Dicrita + Galeno	
	JURASICO	INFERIOR O EOCENICO (LIAS)	NEOCOMIANO TOARCLANO FLIENSCHACHIANO	FORMACION CONDORSINGA		Calizas gris claras, y dol. Blancas amarillentas Basalto Montero Es. Calicheas Chert, Dol.		Mineralización estratoligada de Fe, Ba, Zn, Pb, con sobreimpresión de Mineralización Hidrotermal forma de cuerpos y nidos.
	TRIASICO	SUPERIOR O MESOTRIASICO	HETTANGIANO	GRUPO FUCARA FORMACION ARAMACHAY FORMACION CHAMBARA		Calizas con Yeso Calizas y Dolomitas	Derrames de Dacita y Andesita	Mineralización estratoligada de Zn, Pb, Fe, Cu, Ba, Mn.
PALEOZOICO	PERMICO	ERTRIOSICO SUPERIOR	OCHOA	GRUPO MITU		Disconformidad erosional Lentes de areniscas y conglomerados rojas	Intrusivo intermedio tipo Carahuacra Cuadro-Monzonitica	
		MEDIO 229 y 246	GUADALUPE LEONARDO			Disconformidad erosional	Volcanicos Volcanoclasticos morados	Mineralización Hidrotermal en Veias de W, Sn, V, Bi, Cu, Zn, Pb, Ag, Sb.
PALEOZOICO	DEVONICO	SUPERIOR	CHAUTAUQUAN	GRUPO EXCELSIOR		Filitas		Mineralización estratoligada de Ni, Co
		MEDIO	ERIAN (HAMILTON) ULSTER			Marmoles fossiliferos Volcanicos verdes		Mineralización estratoligada de Cu, Zn, Pb, Fe

Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad productora Carahuacra Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2017

a) Silúrico-devónico-grupo Excélsior

El grupo Excélsior 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. (7)

b) Pérmico-grupo Mitú

Encima de las rocas del grupo Excelsior existen una sucesión volcánica, formada por rocas andesíticas y dacíticas diseminadas, breccas, 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)

c) 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. (7)

✓ 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. (7)

✓ 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. (7)

a. Formación Condorsinga (Liásico)

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. (7)

d) 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. (7)

e) Grupo Machay (Cretácico Medio)

✓ 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)

✓ 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. (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)

✓ **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

2.2.4.1. 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)

2.2.4.2. 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.

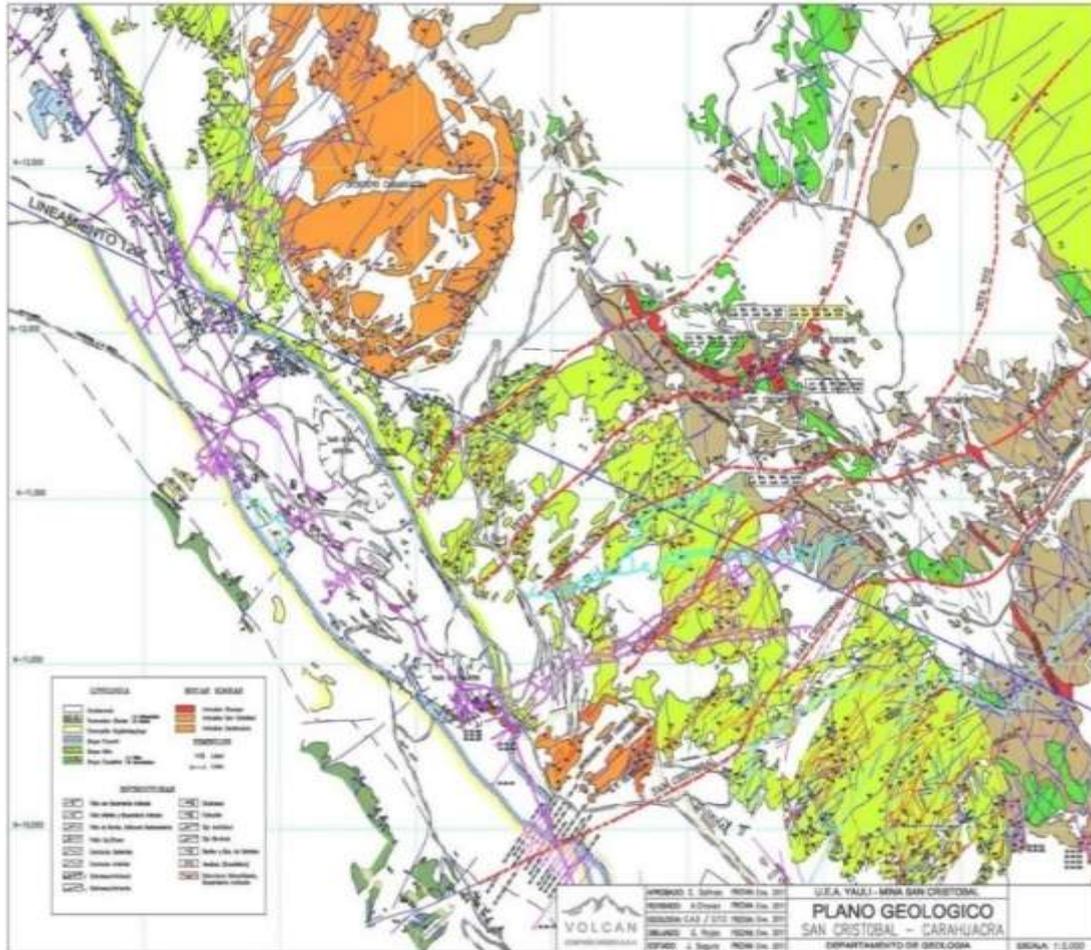


Figura 4. Plano geológico estructural de la unidad productora Carahuacra
Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de
Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2017

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)

2.2.5.1. 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. (7)

2.2.5.2. 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. (7)

2.2.5.3. 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. (7)

2.2.5.4. 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 Maria Luisa M.L., las cuales han sido mineralizadas a lo largo de aproximadamente 600m y 500m, respectivamente. (7)

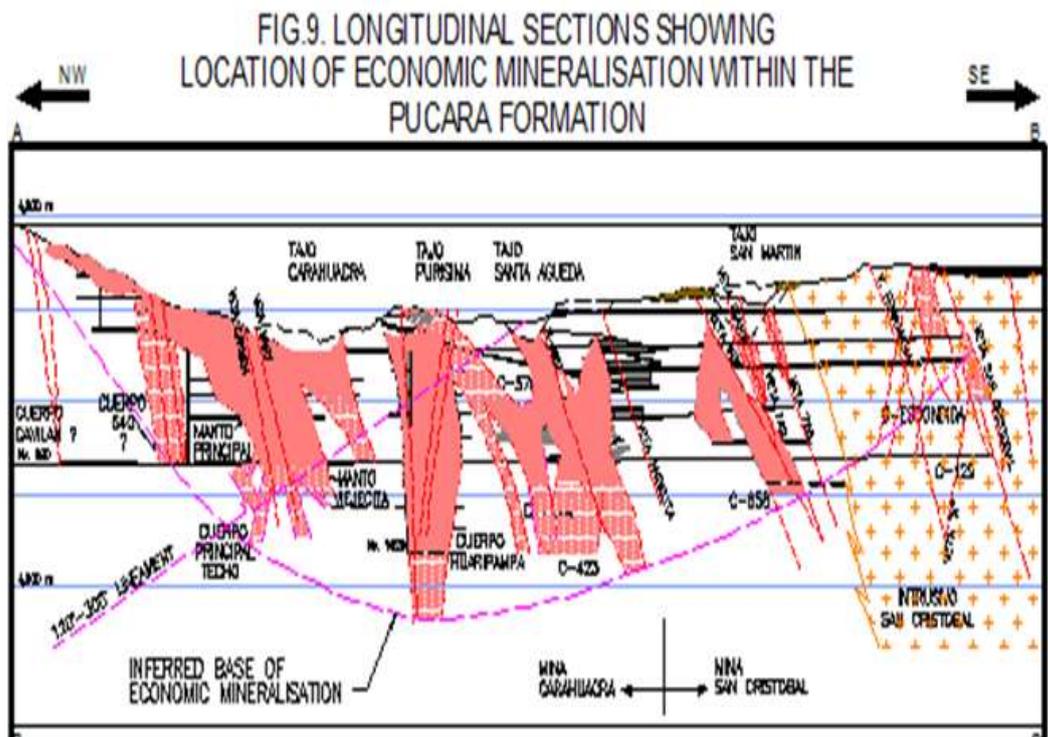


Figura 5. Modelo de mineralización de la veta unidad productora Carahuacra
Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2017

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. (7)

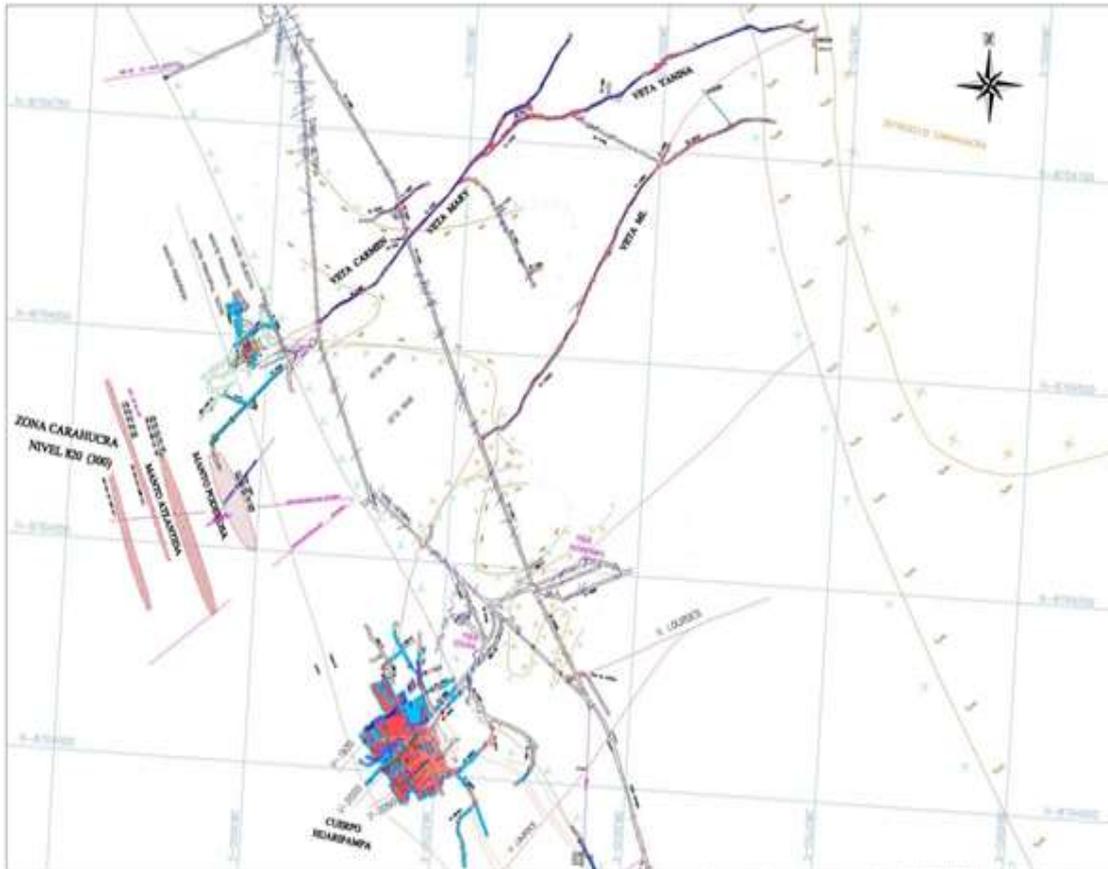


Figura 6. Plano de vetas mineralizadas de la Unidad productora Carahuacra Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2017

2.3. Bases teóricas

2.3.1 Proceso secuencial para la elección técnica económica de la columna de perforación.

Para la elección del equipo de perforación partimos de un proceso secuencial para la elección técnica económica de la broca de perforación en los trabajos de taladros largos.

Parte de la evaluación de la clasificación geotécnico del macizo rocoso para luego dimensionar la labor por medio de un análisis técnico del equipo de perforación, en los factores y parámetros de perforación a continuación tendremos el análisis técnico de la implementación de la nueva brocas más óptimas, la recolección de datos operacionales de campo se analiza las comparación estadística de los rendimientos en la vida útil, consumo y costo de los dos tipos

broca por último se elige la broca adecuada para la perforación de la actividad la más viable en términos técnicos y económicos de la broca elegida.

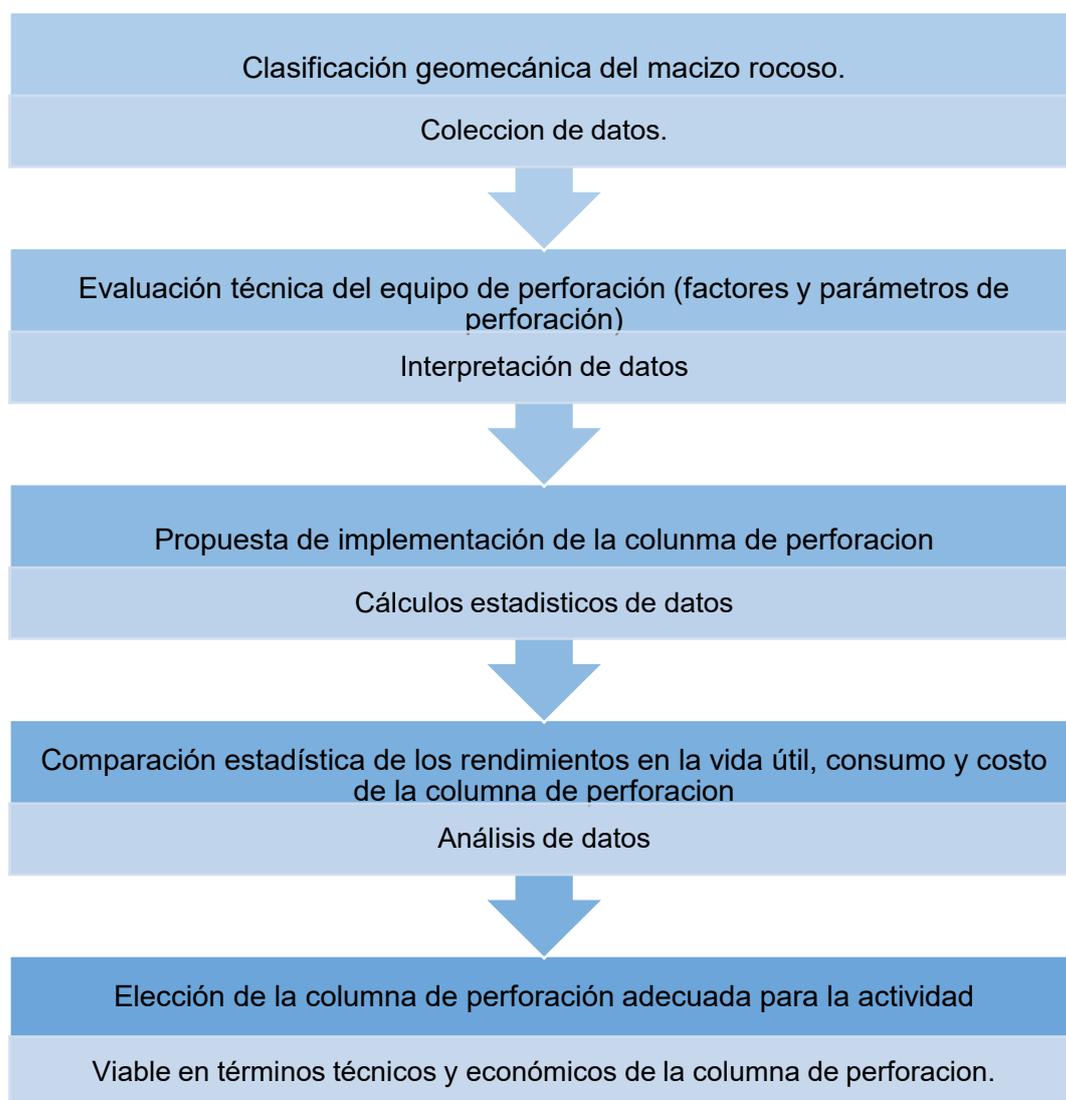


Figura 7. Proceso secuencial para la elección técnica económica de la columna de perforación

Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

2.3.2 Caracterización de la masa rocosa unidad productora Carahuacra de la veta María Luisa

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:

La calidad de la masa rocosa en el mineral y las cajas inmediatas que son variables. Para el caso de la veta 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.

- **Estudio geomecánico para la explotación por taladros verticales positivos veta María Luisa tajeo 933**

Se realizó para las condiciones de explotación de taladros largos perforados verticalmente de forma positiva para una explotación de bancos de 6 metros en vertical, el tramo de explotación tiene una longitud de 128 metros, considerando el criterio geológico se tiene 41 metros en roca de tipo brecha volcánica, y 87 metros en roca volcánica de tipo dacita, cuya explotación se realizaría dejando pilares en los tramos de mayor inestabilidad, para lo cual se determinó los parámetros de resistencia del macizo rocoso y su respuesta de éste ante la presencia de los esfuerzos gravitacionales e inducidos, garantizando de esta manera la estabilidad física de las diversas excavaciones propios del minado. (8)

El objetivo es determinar el factor de resistencia (f_s) que ofrece el macizo rocoso como respuesta a la explotación de los taladros perforados de forma vertical, cuyo carguío de explosivo sería del SN_875 (subnivel inferior), hacia el SN_933(nivel superior), las cuales se muestran en la figura.

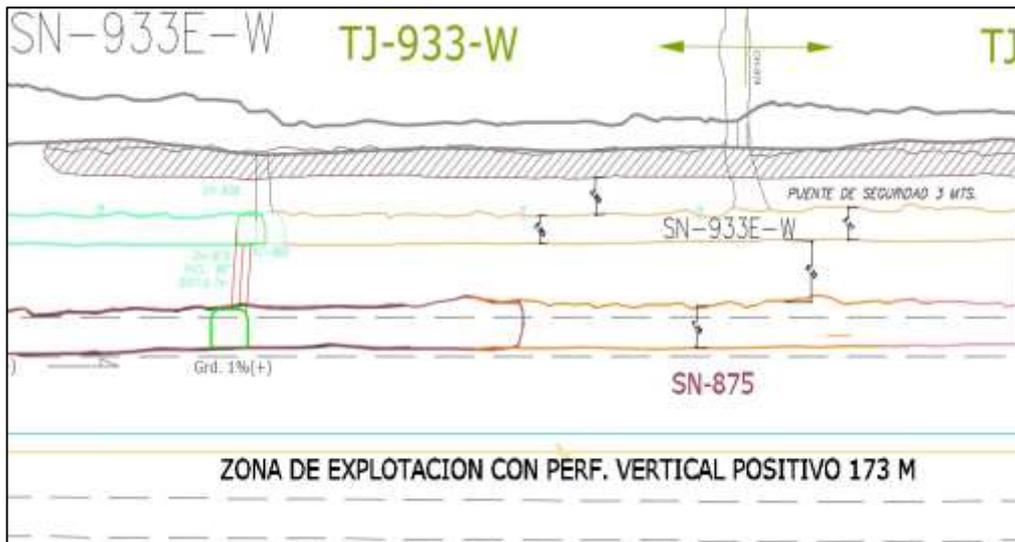


Figura 8: Plano topográfico, sección Longitudinal SN_933E-W, y SN_875
Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

El tajo 933E-W, formada por dos subniveles, de las cuales el nivel superior(SN_933), fue avanzada de forma convencional cuyas dimensiones son 2.6x3m, y el nivel inferior(SN_875), fue avanzada de forma mecanizada con secciones de 3.9x4.3m, la explotación que se plantea realizar tiene un puente de 6m, en vertical y 7.8m inclinados; la razón de realizar la perforación vertical en positivo se debe a que por el nivel superior (zona convencional), no se tiene ninguna vía para poder acceder, para realizar el ciclo de explotación

2.3.2.1. Metodología del estudio geomecánico

La metodología empleada en el presente estudio fue, la del análisis sin control estructural mediante elementos finitos. Los cálculos y simulaciones se realizaron con el programa Phase2 v8.0, evaluando las condiciones más estables para tramos considerados con pilares y tramos considerados para el tajeo. Como criterio general de diseño se ha establecido como condición de aceptabilidad un factor de resistencia (FS)> 1 para los tajeos, si en caso no cumple con estos valores se tendría la opción de dejar pilares de tal manera que se compense los esfuerzos compresivos que generan las encajonantes al realizar la explotación de estos tajos.

2.3.2.2. Análisis de clasificación geomecánica del macizo rocoso

Para la clasificación del macizo rocoso se usó la clasificación geomecánica "GSI" (Índice de Resistencia Geológica), también se empleó la clasificación geomecánica RMR del 89 (Rock Mass Rating). Se realizaron las zonificaciones geomecánicas tanto de la veta como de las encajonantes, los mismos que se detallan a continuación:

a) Veta María Luisa: presenta lo siguiente:

- **Condición estructural:** se presenta desde muy fracturado a intensamente fracturado: MF-IF (18 a 28 fracturas por metro lineal).
- **Condición superficial:** 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 con un RMR = 39-41

b) Caja techo y caja piso:

- **Condición estructural:** presentan un 40 %, como fracturado (F: 6 a 12 fracturas por metro), y un 60% de Muy Fracturado (MF: 12 a 20 fracturas por metro), en esta valoración están considerados los planos de debilidad (fracturas <1mm con rellenos de mineral), las cuales por efectos de la voladura en la excavación tienden a activarse generando pequeñas aberturas.
- **Condición superficial:** en la condición superficial se puede apreciar discontinuidades rugosas, levemente alteradas en la mayoría de los tramos moderadamente alterados razón por la cual se clasifica como resistencia de Regular (80 %), a Pobre (20 %).

Evaluando estas condiciones de forma cualitativa (GSI), y de forma cuantitativa (RMR), se determinan un terreno F/P y MF/R; con un RMR= 43 a 47



Figura 9. Plano de la zonificación geomecánica del SN_875
 Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

2.3.2.3. Análisis de los parámetros de resistencia del macizo rocoso

Los parámetros de resistencia del macizo rocoso se determinaron aplicando el criterio de rotura de Hoek & Brown (2002, 2006). Para ello se tomaron los valores más representativos de calidad de la roca intacta, así como también la resistencia compresiva uniaxial y la constante “mi” de la roca intacta, obtenidas en los ensayos de laboratorio.

Para nuestro propósito, en los cuadros siguientes se muestran el resumen de los parámetros de resistencia de las encajonantes y parte mineralizada, tanto de la zona volcánica, como de la zona de brechas volcánicas

a) Parámetros de resistencia de Hoek & Brown

Tabla 2. Sección C-C tajo 933, tramo Brecha Volcánica

Material Name	Color	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Intact Compressive Strength (MPa)	mb (peak)	s (peak)	a (peak)
CT- Brecha Volc		1041.3	0.3	44.6	0.757238	0.00024	0.508086
Mineral		911.1	0.3	46	0.719376	0.00024	0.508086
RD		150	0.35				
CP-Brecha Volc		1041.3	0.3	44.62	0.757238	0.00024	0.508086

Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

Tabla 3. Sección B-B tajo 933, tramo Roca Volcánica

Material Name	Color	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Intact Compressive Strength (MPa)	mb (peak)	s (peak)	a (peak)
CT- Volc		2958.4	0.3	71.4	7.60191	0.048301	0.500593
Mineral		911.1	0.3	85	0.757238	0.00024	0.508086
RD		150	0.35				
CP-Volc		2958.4	0.3	71.4	7.60191	0.048301	0.500593

Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

2.3.2.4. Análisis e interpretación de los resultados

Para realizar el análisis se definieron dos secciones que cortan de forma transversal a la veta ML, uno de los cuales corta en el tramo de las brechas volcánicas, y la otra en el tramo de las rocas volcánicas tipo dacita.

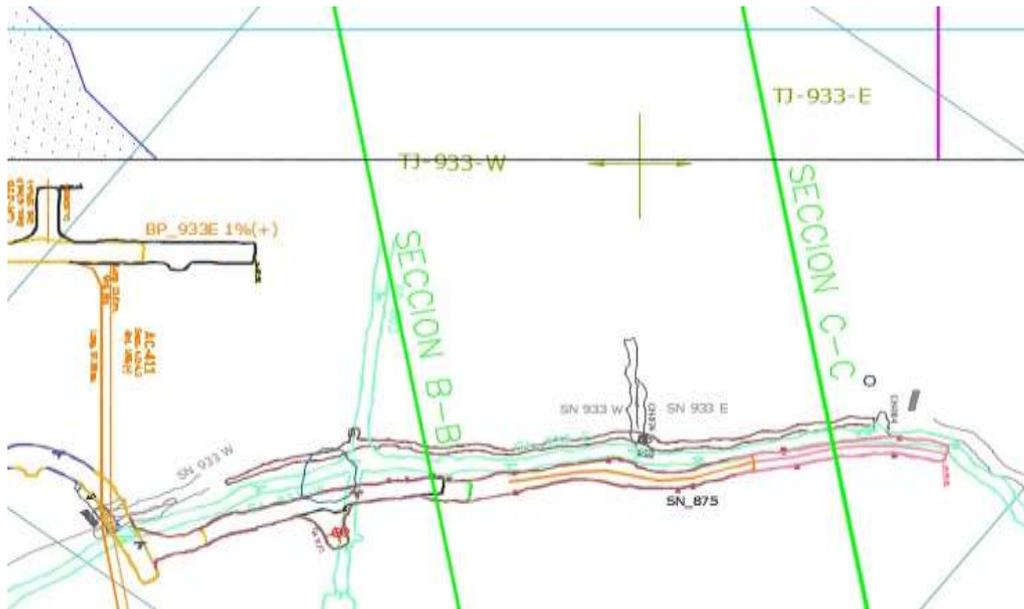


Figura 10. Vista general en planta de la veta ML, con las secciones motivo de estudio Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

a) Análisis e interpretación de la sección B-B

En la simulación de la sección transversal se indica el comportamiento del esfuerzo principal antes de iniciado con el tajeo del puente, la cual se observa que éste varía entre 18 a 21 MPa, como se muestra en la siguiente figura.

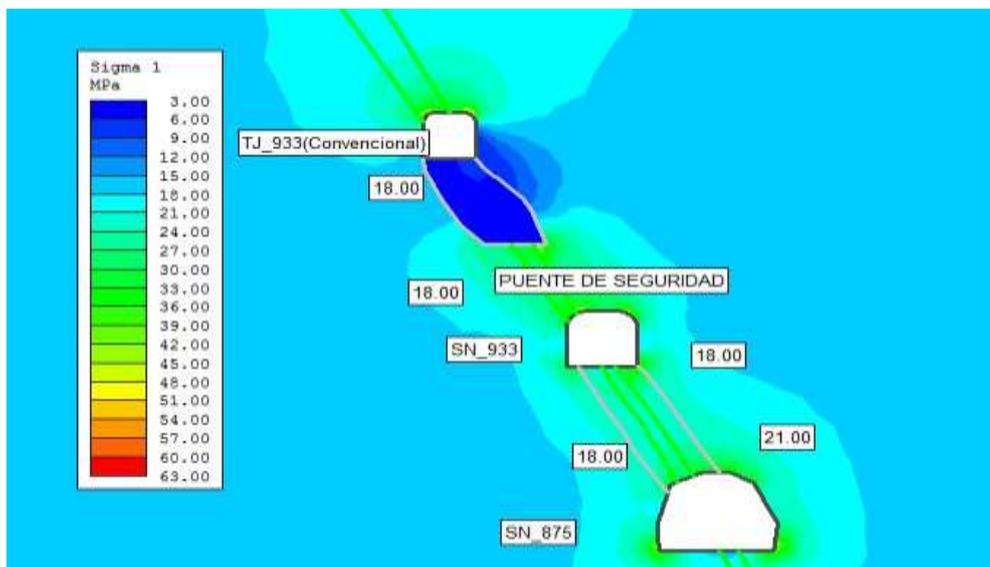


Figura 11. Comportamiento del esfuerzo principal Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

En la siguiente figura se muestra una vista de los vectores de deformaciones, direccionadas a comprimir las encajonantes de la sección explotada.

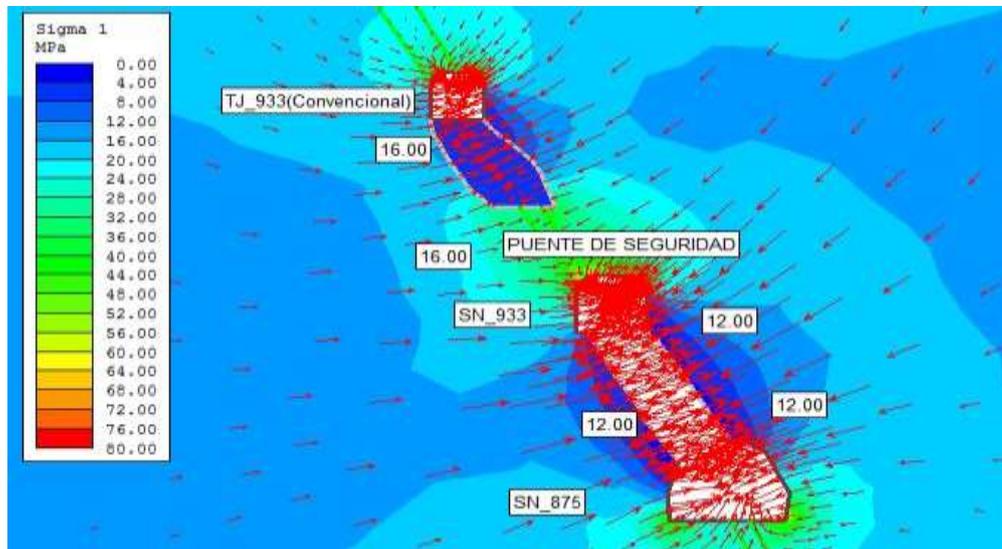


Figura 12. Comportamiento de los vectores de deformación Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 201

En la siguiente figura se muestra el Factor de Resistencia (FS), que ofrece el terreno, como respuesta a la explotación; cuyo valor es 1.26, el cual indica que se mantiene estable.

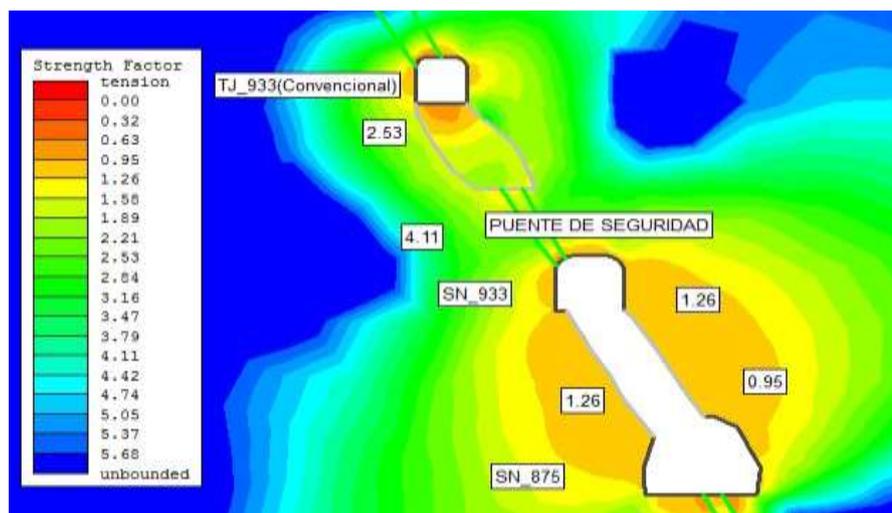


Figura 13. Factor de seguridad: FS= 1.26, en la sección B-B. Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

En la siguiente figura se muestra la deformación que experimentará el terreno una vez finalizado la explotación, en la cual se observa que la mayor deformación será de 6.0cm. Esto será en la parte intermedia del tajo abierto.

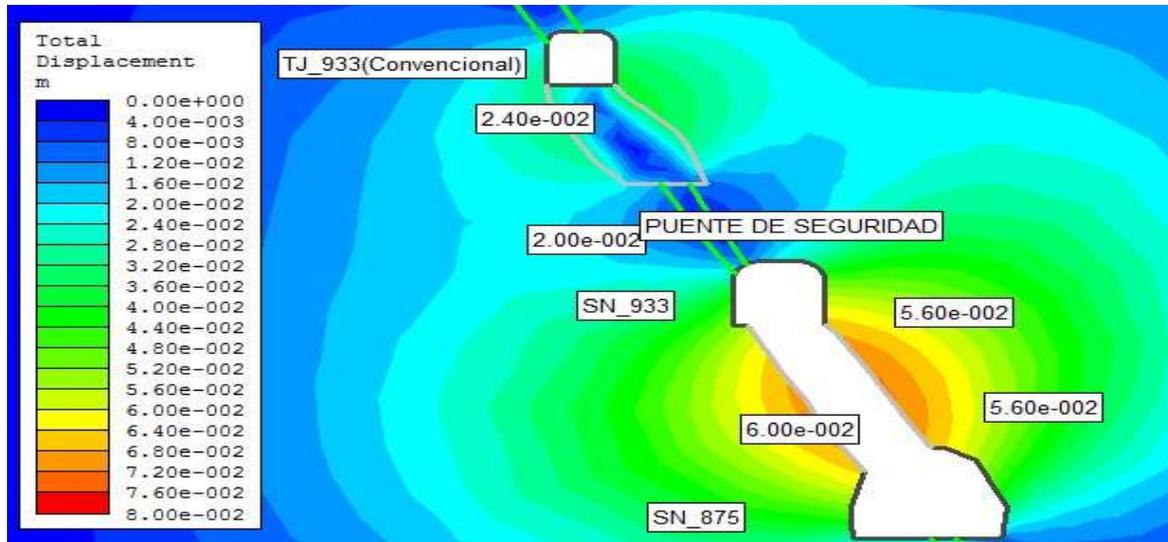


Figura 14. Deformación que experimentará el terreno al finalizado el minado en la sección B-B

Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

b) Análisis e interpretación de la sección C-C

En la siguiente figura se muestra los factores de resistencia que ofrece el terreno como respuesta a la excavación realizada en la última fase de explotación, el cual se observa que tiene un valor de 0.95 en la abertura disparada, cuyo valor nos indica que se tendrá desprendimientos menores en las cajas.

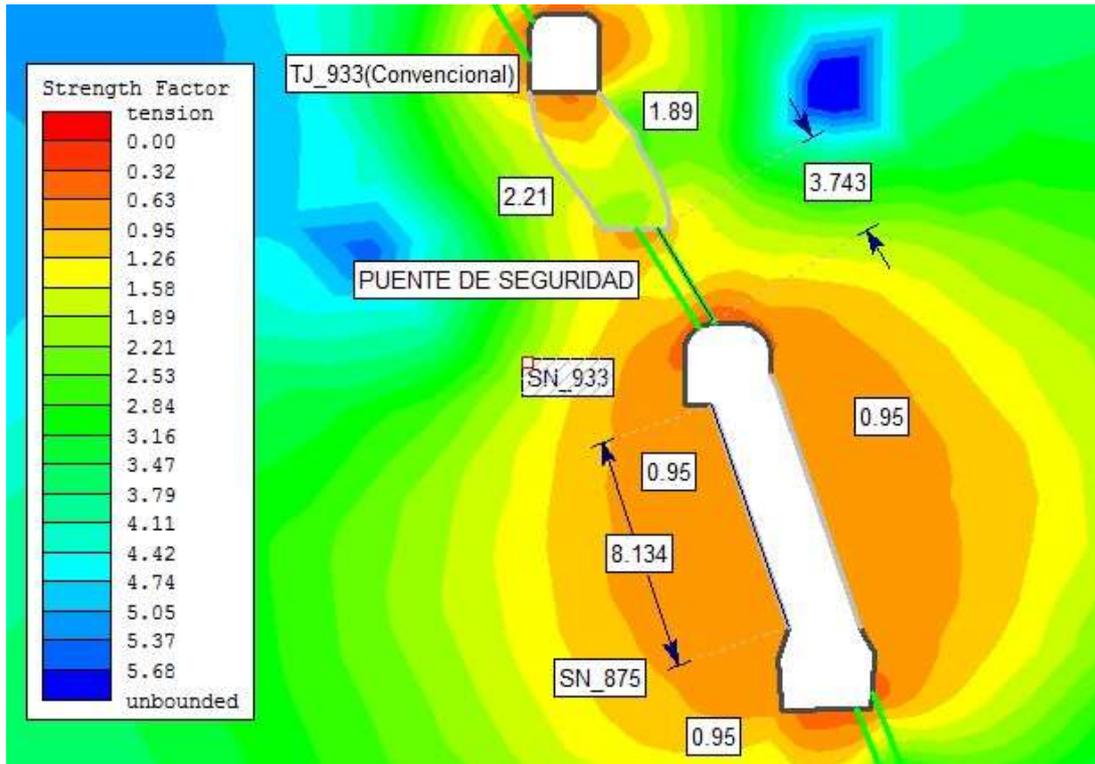


Figura 15. factor de seguridad: FS= 0.95, en la sección C-C.
Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

En la siguiente figura se muestra la deformación que experimentará el terreno una vez finalizado la explotación, en la cual se observa que la mayor deformación será de 1.7cm. Lo cual indica nos permite entender que tendrá menor deformación antes del desprendimiento

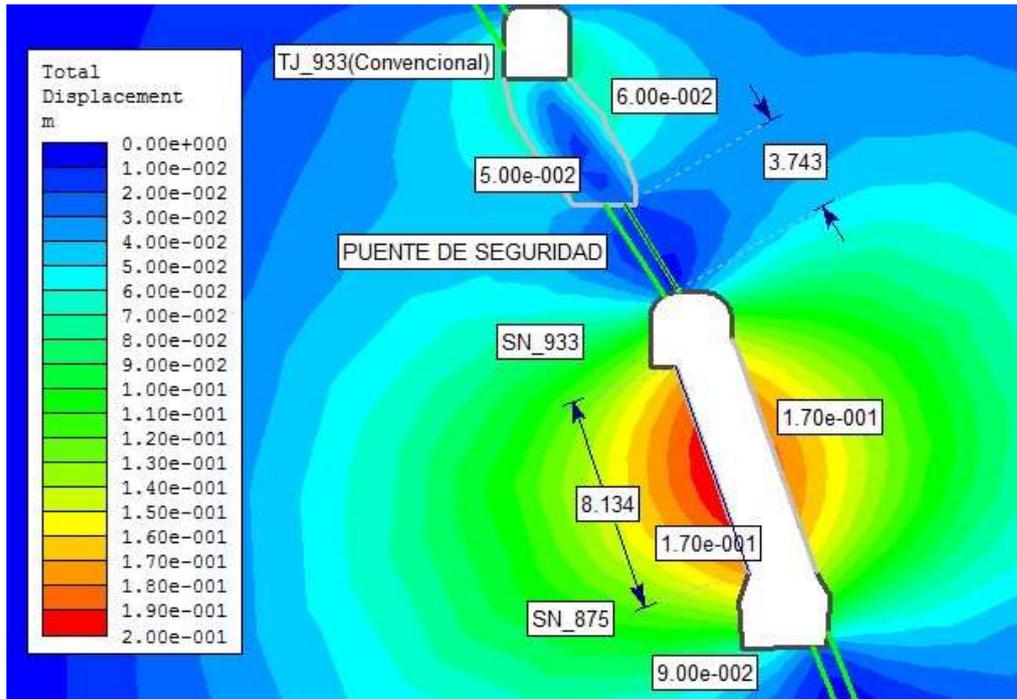


Figura 16. Deformación que experimentará el terreno al finalizado el minado en la sección C-C

Tomado del Informe de estudio geológico de reserva y minerales, por el Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Yauli 2019

c) Análisis de resultados:

- De acuerdo al análisis geomecánico realizado en la sección B-B del tajo 933 se tuvo una valoración del Factor de Seguridad de 1.26, valor favorable para la explotación, en una longitud de 87 metros.
- De acuerdo al análisis geomecánico realizado, en la sección C-C, del tajo 933, se tuvo una valoración del Factor de Seguridad de 0.95 en una longitud de 41 metros, valor desfavorable para la magnitud de excavación, que se realizará como factor equilibrante, se debe contemplar en mantener un pilar en la zona de brechas con una longitud de 6 metros, que debería estar ubicado a 36 metros del tope de la labor, y de esta manera minimizar la acelerada deformación generada por el tajeo de esta magnitud que podría generar desprendimiento en la zona de operación al momento de la limpieza.
- Para garantizar la seguridad de la persona en la actividad de limpieza se debe contemplar utilizar el control remoto.

- Concluida la explotación se debe proceder con el relleno del tajo explotado.

2.3.3 Evaluación técnica del equipo de perforación (factores y parámetros de perforación) unidad productora Carahuacra de la veta Mari Luisa

2.3.3.1. Elección del equipo de perforación y dimensiones

En la veta María Luisa tajeo 933, las labores de preparación son mayores de 3.8 m x 4.0 m; espacio en el cual se tiene el equipo puede maniobrase sin dificultad, 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. (9)

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. (9)

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. (9)

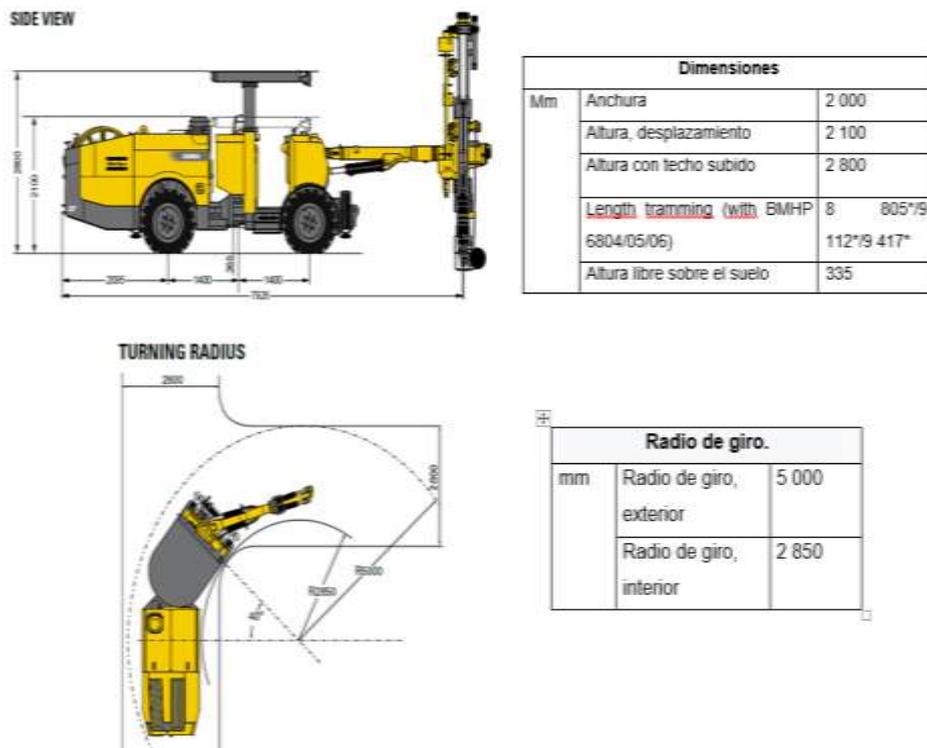


Figura 17. Dimensiones y radio de giro del equipo Simba S7D
Tomado de especificaciones técnicas Simba S7D, por EPIROC PERU S.A. 2018

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

Tabla 4. 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		7,2 x 8,5
BMHP 6805	1 525	3,7 x 3,7		7,5 x 8,8
BMHP 6806	1 830	4 x 4		4 x 4 7,8 x 9,1

Tomado de especificaciones técnicas Simba S7D, por EPIROC PERU S.A. 2018

Nota: Tamaño de la sección recomendado de labor del equipo Simba S7D.

En la siguiente imagen se muestra la perforación de taladros largos en la veta María Luisa. Unidad minera Carahuacra.



Figura 18. 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.

2.3.3.2. Factores y parámetros de perforación de rocas

a) Factores antes de la perforación.

- **Posicionamiento.** La deslizadera o brazo del equipo debe de estar presionada contra la roca antes y durante la perforación. Esto de modo que no se mueva, en caso de producirse movimiento se podría doblar el tren de varillaje, dando lugar a roturas. Los modernos equipos de perforación están equipados con gatas, permitiendo obtener un posicionamiento estable. Una deslizadera colocada de forma estable permite utilizar adecuadamente la fuerza de avance para lograr la máxima velocidad de penetración. (9)
- **Alineación.** Hay un gran número de factores que pueden afectar la alineación de los barrenos. deben ser los más rectos posibles para obtener una distribución óptima del explosivo. La desviación total del barreno es con frecuencia el resultado combinado de una alineación incorrecta, mal emboquillado y desviación interna durante la perforación. (9)

- **Emboquillado.** El barrenado se emboquilla presionando la broca contra la roca, comenzando la perforación con presiones de avance y percusión en baja. Se debe aplicar siempre un barrido (aire o agua) de buena presión (5 bar. como mínimo). Se debe de aumentar la energía de impacto y la fuerza de avance tan pronto como la broca haya penetrado en la roca (1 pie mínimo). A veces se debe ajustar la posición de la deslizadera después de perforar unos centímetros o antes que la barra hay penetrado más de un pie de modo que la barra esté recta y avance en la dirección prevista. Si la perforación se lleva a cabo sin que las barras estén exactamente paralelas con la deslizadera aumenta el riesgo de roturas por fatiga. (9)

b) Parámetros de perforación.

- **Percusión.** La energía de impacto se debe ajustar siempre para adaptarla a la formación del tipo de roca que se esté perforando. Cuando se perfora en roca suave y fracturada se necesita menos energía, por lo cual se debe de reducir la presión de percusión. Los modernos equipos de perforación tienen dispositivos integrados (antiatasque) para regular la energía de impacto. (9)
- **Avance:** Una fuerza de avance debidamente ajustada proporciona la mejor economía de perforación. Una fuerza de avance insuficiente o innecesario producirá una baja velocidad de penetración debido a que las juntas del tren de varillaje no estén adecuadamente apretadas. (9)

La perforación con juntas flojas dificulta la transmisión de energía a través del tren de varillaje o columna de perforación ocasionando unos grandes esfuerzos que dan lugar a la fatiga del acero. La energía que no se transmite a través de una junta se convierte en calor, elevando la temperatura de las roscas de los manguitos de acoplamiento y de las barras, de este modo se destruye el tratamiento térmico, produciéndose daños en forma de corrosión crateriforme lo que a su vez acorta la vida útil del varillaje. Una fuerza demasiado alta hará que se doblen las barras dando lugar a grandes tensiones y desviación del barrenado. (9)

- **Rotación.** La velocidad de rotación debe adaptarse al diámetro de la broca ya a la frecuencia de impactos de la perforadora. Las plaquitas o botones de la broca deben recorrer una determinada distancia entre cada golpe para romper roca nueva continuamente. Las brocas de mayor tamaño giran más despacio, una velocidad de rotación demasiado alta desgasta el carburo cementado de forma rápida, sobre esforzando a la perforadora. (9)
- **Barrido.** El fondo del barreno debe mantenerse limpio de detritus durante la perforación. Un buen barrido permite una rápida evacuación del detritus del taladro y por ende mantiene limpio el orificio de barrido del barreno. Un barrido insuficiente reduce la velocidad de penetración y aumenta el riesgo de atascos. Las perforadoras hidráulicas tienen sistemas integrados para el barrido independiente. Cuando se utiliza agua como agente de barrido con perforadoras neumáticas que tengan barrido central, la presión de agua debe ser un bar. menos que la presión del aire, si no existe el riesgo de que el agua penetre en la perforadora. (9)

c) Complementos

- **Desgaste.** Es importante comprobar continuamente el desgaste de las roscas y cambiar las piezas desgastadas a tiempo. El continuar perforando con roscas desgastadas implica un gran riesgo de costosas interrupciones. Se deben usar calibradores para roscas para determinar cuándo se deben cambiar los componentes roscados. Para conseguir una buena economía el acople y la barra se deben cambiar al mismo tiempo. El perforar con bujes desgastados, produce deformaciones de la culata del barreno o de las estrías del adaptador de culata, tal deformación acorta la vida del servicio del componente. (9)
- **Desgaste del carburo cementado.** Es la disminución del diámetro del inserto producto de la perforación del macizo rocoso. (9)
- **Intervalo de afilado:** tras el desgaste del inserto al llegar a un 1/3 de su diámetro se debe de realizar el afilado periódico acorde a este desgaste,

cuando afilar cuando existe contracono del inserto, la piel de serpiente, el inserto sobresale demasiado del cuerpo de la broca y daño de los botones del inserto. (9)

2.3.4 Propuesta de implementación de la columna de perforación unidad productora Carahuacra de la veta Mari Luisa

2.3.4.1. Análisis geomecánico del tipo de roca a perforar en la veta María Luisa

En el estudio geomecánico de la Veta María Luisa, 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 5. Clasificación RMR del macizo rocoso-veta María Luisa

Litología	Tipo de macizo rocoso	Rango rmr	Rmr promedio	Calidad
Veta (Esfalerita)	VI A	39-41	40	Mala "A"
caja techo (Dacita)	III B	43-47	45	Regular "B"
caja piso (Dacita)	III B	43-47	45	Regular "B"

Tomado del estudio geomecánico para taladros largos veta María Luisa -zona Volcánica

Nota: Clasificación RMR del macizo rocoso-Veta María Luisa,

Existen dos tipos de roca la esfalerita y la dacita, de calidad mala y regular esto es primordial para el análisis de las piezas de perforación a utilizar en la Veta María Luisa.

Ya se tiene estandarizado la columna de perforación lo cual se va analizar, la broca de perforación es la primera pieza en estar en contacto con el macizo rocoso lo cual es de suma importancia su estudio y análisis para un cambio óptimo.

2.3.4.2. Columna de perforación estandarizado en la en la veta María Luisa

La columna de perforación, de la zona de trabajo, la calidad de la roca, 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.

- ✓ En equipos de producción para taladros largos tiene lo siguiente:
Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos.

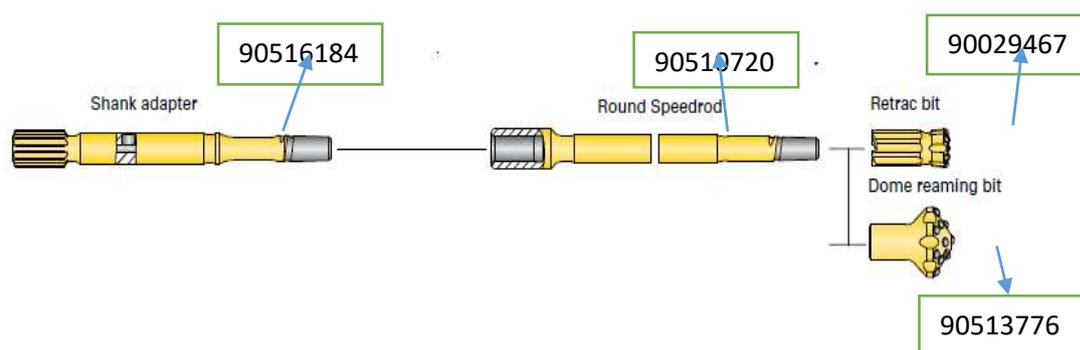


Figura 19. Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos
Tomado de catálogo de productos-equipos de martillo en cabeza por Secoroc, Atlas Copco SAC” 2017

Según los códigos se señala dos tipos de brocas que se van a estudiar más a fondo las características de cada una de ellas.

2.3.4.3. Análisis geomecánica en relación al rendimiento del equipo y el metraje perforado de las dos brocas de perforación en la veta María Luisa

Para un rendimiento alto de los aceros de perforación se debe primero evaluar la broca ya que es la pieza en entrar en contacto con el macizo rocoso. Se realizó la evaluación estadística durante dos años 2019 y 2020.

a) Análisis geomecánico en relación al rendimiento del equipo y el metraje perforado de la broca Retrácil faldón largo T38 X 64 milímetros en la veta María Luisa

La broca utilizada hoy en día, es de la empresa Epiroc Perú S. A. según el estudio geomecánico y el tipo roca que se tiene que perforar mostrada, en la tabla anterior de clasificación RMR del macizo rocoso-veta María Luisa, se viene perforando con la broca Retrácil faldón largo T38 X 64 milímetros en trabajos para

taladros largos, este estudio fue realizado en año 2019, se cuenta con un análisis según el tipo de roca a perforar en la unidad minera.

Tabla 6. Rendimientos de la broca según el tipo de roca y condición de trabajo del año 2019 de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros

Condiciones de trabajo	Tipo de roca	Tipo de trabajo en perforación	Metros perforados por mes (mp/mes)
Fácil	Terreno duro con alta concentración de pirita (muy abrasivo).	Taladros largos (menor tiempo de perforación y mayor rendimiento de los aceros de perforación)	510 - 515
Media	Zona de cajas, Terreno de medio a duro con baja mineralización (abrasividad media).	Taladros largos (moderado tiempo de perforación y moderado rendimiento de aceros de perforación)	500 – 510
Difícil	Zona de veta, terreno medio a suave (panizo), (bajo nivel de abrasividad).	Taladros largos (mayor tiempo de perforación y bajo rendimiento de aceros de perforación)	490 - 500

Tomado de la 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.” de la Universidad Continental, 2019

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

Del cuadro se aprecia que la condición de trabajo más óptima es cuando se tiene una roca dura, la perforación en rocas como la esfalerita es complicado por ser una roca de tipo VI A y los metros perforados está catalogado acorde al tipo de roca en el caso de la esfalerita litológicamente es más difícil el trabajo al igual que su rendimiento.

Este estudio previo es primordial para el cambio de broca, ya que la vida útil en este tipo de roca es muy deficiente y genera pérdidas de metros perforados y económico.

b) Análisis geomecánico en relación al rendimiento del equipo y el metraje perforado de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros en la veta María Luisa

La broca utilizada en la actualidad de la empresa Epiroc Perú S. A. según el estudio geomecánico y el tipo roca que se tiene que perforar mostrada, en la tabla 13 se viene perforando con la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros en trabajos para taladros largos, este estudio fue realizado en año 2020, se cuenta con un análisis según el tipo de roca a perforar en la unidad minera.

En la siguiente tabla se muestra el análisis de la propuesta del cambio de broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros.

Tabla 7. Rendimientos de la broca según el tipo de roca y condición de trabajo del año 2020 de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros

Condiciones de trabajo	Tipo de roca	Tipo de trabajo en perforación	Metros perforados por mes (mp/mes)
Fácil	Terreno duro con alta concentración de pirita (muy abrasivo).	Taladros largos (menor tiempo de perforación y mayor rendimiento de los aceros de perforación)	520 - 556
Medía	Zona de cajas, Terreno de medio a duro con baja mineralización (abrasividad medía).	Taladros largos (moderado tiempo de perforación y moderado rendimiento de aceros de perforación)	510 – 515
Difícil	Zona de veta, terreno medio a suave (panizo), (bajo nivel de abrasividad).	Taladros largos (mayor tiempo de perforación y bajo rendimiento de aceros de perforación)	500 - 510

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

Análisis de resultados: En rendimientos se nota claramente que la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros, es más óptima ya que se ajusta más al tipo de roca a perforar en los tres casos el rendimiento de metro perforado es mayor a comparación de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros. En promedio se tiene un aumento de 10 a 15 metros perforados más de su vida útil respectivamente.

2.3.4.4. Descripción de las brocas utilizadas en la veta María Luisa.

a) Descripción de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros utilizado en la veta María Luisa.

Se usó la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros técnicamente hasta el año 2018, según el tipo de roca y por medio de las características de la misma se concluye su uso para la unidad minera. A continuación, se mostrará la broca con sus respectivas características técnicas.



Figura 20. Características de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros

Las características técnicas influyen definitivamente al perforar en el macizo rocoso cada unidad minera cuenta con una clase de roca distinta, en la perforación estas características influyen como se va desarrollando la perforación netamente en la operación *in situ*. Es una variable que debe tomarse muy a detalle su

comportamiento en la operación.

b) Descripción de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros utilizado en la Veta María Luisa.

La broca Retráctil faldón Corto T38 X 64 milímetros, técnicamente, es la broca propuesta con mejores resultados en la actualidad. Según el tipo de roca y por medio de las características de la broca se concluye que es más eficiente su uso en la unidad minera. A continuación, se mostrará la broca con sus respectivas características técnicas.

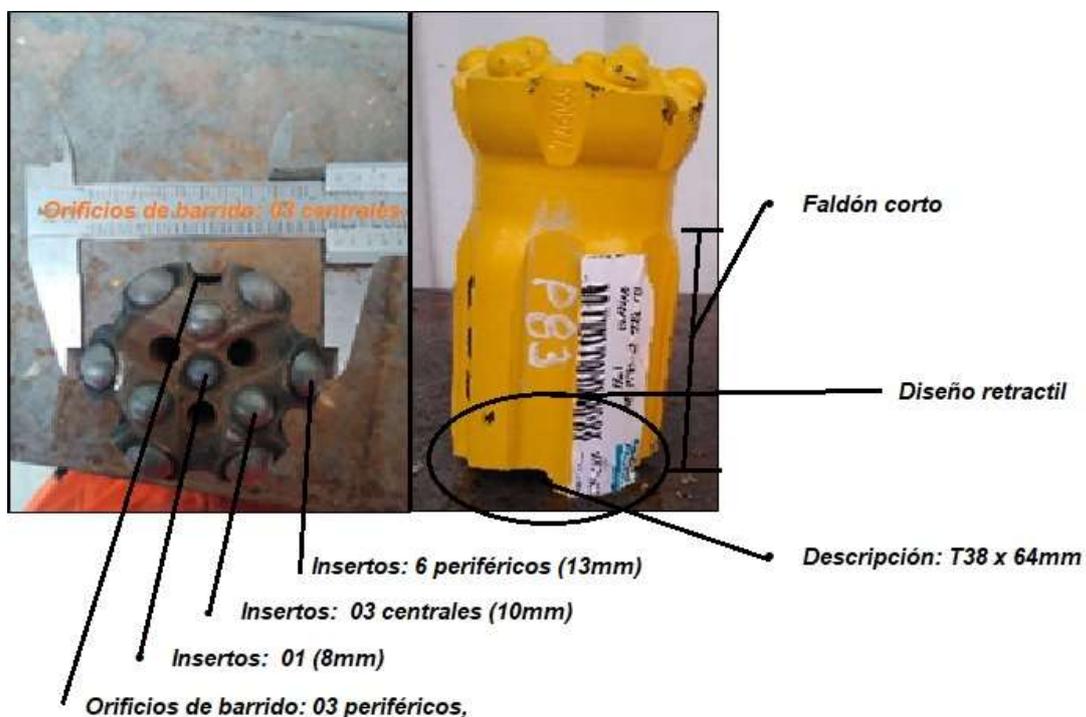


Figura 21. Características de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros

Análisis de resultados: el diseño de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros minimiza el atascamiento de toda la columna de perforación por el motivo de que el barrido es más fluido a la hora de realizar la perforación por contar con 6 orificios de barrido centrales y periférico. El faldón es más corto lo que ayuda a la evacuación de detritus de forma eficiente para el tipo de roca mala.

2.3.4.5. Rendimiento en metros perforados del afilado de las brocas en la veta María Luisa.

a) Rendimiento de metros perforados del afilado de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro

Durante todo el año del 2019, el rendimiento de los metros perforados en la veta María Luisa han resultado deficiente. En la siguiente figura se muestra la comparación del rendimiento de la vida útil establecida a inicios del año 2019 hasta término del año.

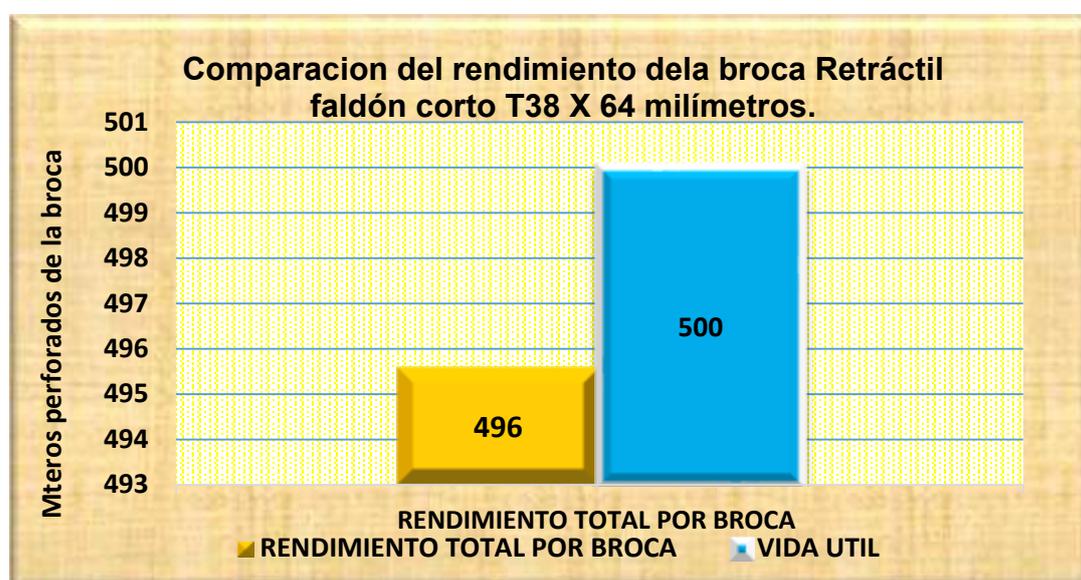


Figura 22. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros

El rendimiento en metros perforados de la broca Retráctil corto largo T38 X 64 milímetro, está por debajo de la vida útil de la broca evaluada en 4 metros perforados por debajo de la vida útil.

b) Rendimiento de metros perforados del afilado de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro

Durante todo el año del 2020, el rendimiento de los metros perforados en la veta María Luisa han resultado eficientes en comparación al año anterior. En la siguiente figura se muestra la comparación del rendimiento de la vida útil establecida durante todo el año 2020

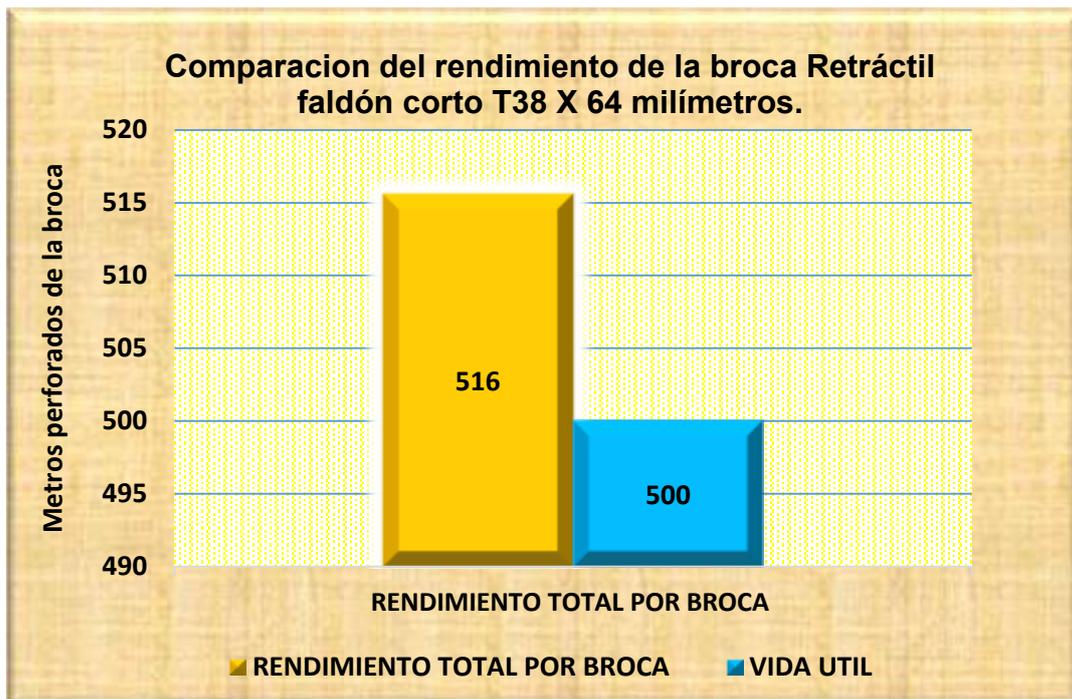


Figura 23. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros

Análisis de resultados: para la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros, se tiene una pérdida de 4 metros perforados por cada broca de este tipo.

Se tiene una optimización a favor de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros, en 16 metros sobre la vida útil para cada broca de este tipo, es óptimo en comparación a la otra broca.

2.3.5 Comparación estadística de los rendimientos en la vida útil, consumo y costo de la columna de perforación

a) Evaluaciones estadísticas

Comparación de los metros perforados y el consumo de piezas de perforación por mes para cada tipo de trabajo y equipo. En la Unidad Carahuacra se cuenta con varios equipos de perforación en la siguiente tabla se muestra los equipos utilizados.

Tabla 8. Tamaño de la sección recomendado de labor

Actividad	Equipo	Equipo
	J - 305	S7D
Producción – Perforación de taladros largos	J - 306	H1254
	J - 308	Boomer 281
	J - 309	H1254
	J - 310	S7C
	J - 314	H1257

En una visión general se evaluó la perforación en toda la unidad minera Carahuacra en general con estos 6 equipos de perforación en los trabajos de taladros largos.

b) Cálculo del costo de la columna de perforación

✓ Comparación de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro.

Cada pieza de perforación tiene un costo en el metro perforado que va acorde con su precio unitario, para la unidad Carahuacra, se realizó un cálculo simple del costo por metro perforado por cada pieza de perforación a continuación en la siguiente tabla se muestra dicho calculo.

Tabla 9. Cálculo simple del costo por metro perforado de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro

Tipo de taladro	Descripción	Vida útil (metros)	Unidad	Precio \$	\$/mp	Porcentaje de incidencia de costo
Taladros de producción	Shank COP 1550, 1838 T38	2500	mts	326.35	S/0.131	10%
	Barra T38-RD38-T38 5'	400	mts	300.85	S/0.752	59%
	Broca retrac. FL T38 X 64MM	500	mts	200.00	S/0.400	31%
Costo total (\$/mp)					S/1.283	100%

Taladros de alivio	Broca Domo T38 X 127 MM ESF	350	m	505.00	S/1.443	100%
				Costo total (\$/mp)	S/1.443	100%
Análisis de costos según tipo de malla de perforación		Numero de taladros	Longitud de barra	Total metros perforados	Costo total (us\$)	
costo por frente (13 taladros + 4 rimadoras)		16	10	160	S/205.23	
costo rimado (04 taladros)		4	10	40	S/57.71	
Costo total de taladros largos				200	S/262.94	
Subtotal general (USD/PP)					S/1.31	

Análisis de la broca: en la unidad Carahuacra el rendimiento establecido se da de la siguiente manera: shank adapter el 10%, barra 59% y broca 31%, estos porcentajes respecto al costo de cada pieza de perforación. Además, el rendimiento total para toda la columna de perforación de las cuatro piezas es de 3750 metros perforados. En el análisis final se tiene un costo por metro perforado de las cuatro piezas de perforación de 1.31 dólares por metro perforado.

✓ **Comparación de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro.**

Cada pieza de perforación tiene un costo en el metro perforado que va acorde con su precio unitario, para la unidad Carahuacra, se realizó un cálculo simple del costo por metro perforado por cada pieza de perforación a continuación en la siguiente tabla se muestra dicho calculo.

Tabla 10. Cálculo simple del costo por metro perforado de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro

Tipo de taladro	Descripción	Vida útil (metros)	Unidad	Precio \$	\$/mp	Porcentaje de incidencia de costo
Taladros de producción	Shank cop 1550, 1838 t38	2500	m	326.35	S/0.131	11%
	Barra T38-RD38-T38 5'	400	m	300.85	S/0.752	64%
	Broca retrac. DC T38 X 64MM	500	m	137.90	S/0.276	25%
Costo total (\$/mp)					S/1.158	100%
Taladros de alivio	Broca domo t38 x 127 mm esf	350	m	505.00	S/1.443	100%
Costo total (\$/mp)					S/1.443	100%

Análisis de costos según tipo de malla de perforación	Número de taladros	Longitud de barra	Total metros perforados	Costo total (\$)
Costo por frente (13 taladros + 4 rimadoras)	16	10	160	S/185.35
Costo Rimado (04 taladros)	4	10	40	S/57.71
Costo total de taladros largos			200	S/243.07
Subtotal general (USD/PP)				S/1.22

Análisis de la broca:

En la unidad Carahuacra el rendimiento establecido se da de la siguiente manera: shank adapter el 11 %, barra 64 % y broca 25 %, estos porcentajes respecto al costo de cada pieza de perforación. Además, el rendimiento total para toda la columna de perforación de las cuatro piezas es de 3750 metros perforados. En el análisis final se tiene un costo por metro perforado de las cuatro piezas de perforación de 1.22 dólares por metro perforado.

c) Análisis Comparativo de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro

✓ **Comparativo de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro**

En la siguiente figura se muestra la comparación de los metros perforados correspondiente a cada mes y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros respecto al año 2019.

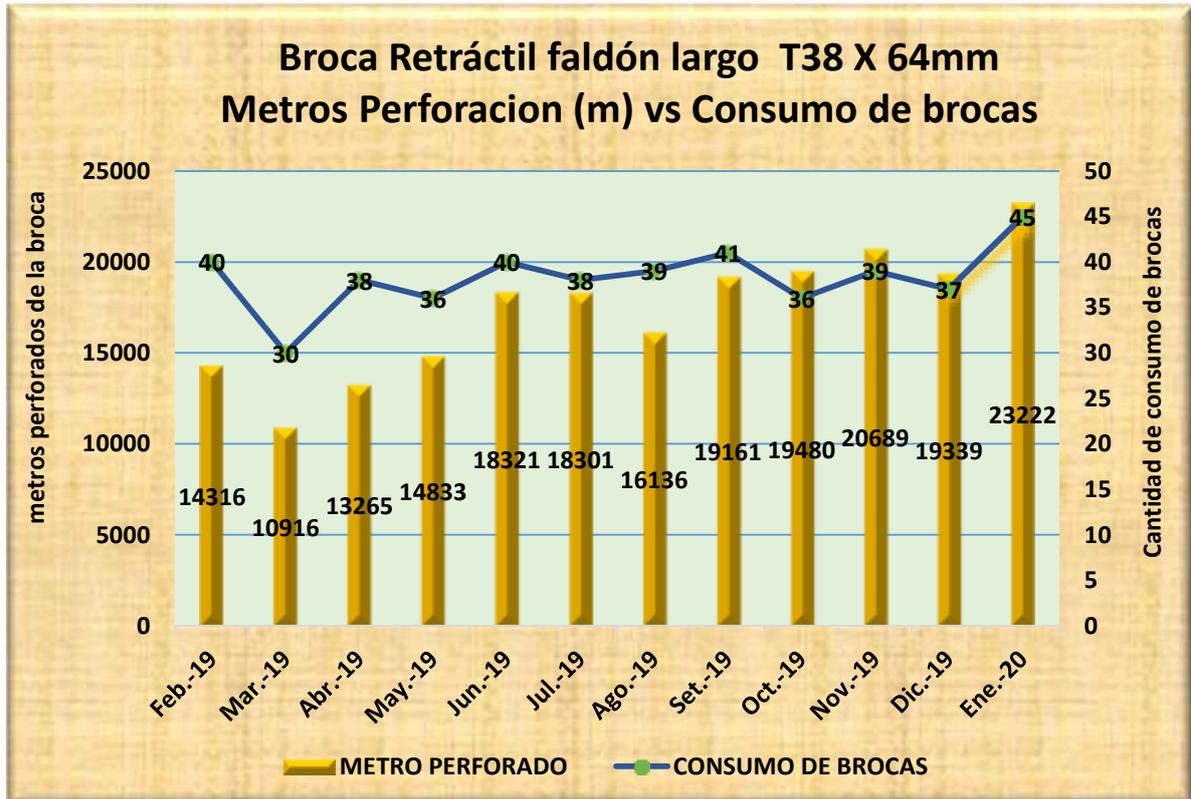


Figura 24. Comparación de metros perforados en relación al consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros respecto al año 2018

Análisis. El gráfico muestra que en los meses febrero 2018, marzo 2018, abril 2018, mayo 2018, junio 2018, agosto 2018, setiembre 2018 y enero 2018 tuvieron un rendimiento menor a la vida útil de la broca por debajo de los 500 metros perforados, en promedio mensual se tiene una pérdida de 15 metros perforados por el alto consumo de brocas.

- 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

✓ **Comparativo de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro**

Se realizó la medición del desgaste de la broca según la clasificación del tipo de roca evaluada, se realizó la perforación de 22 metros perforados en el Tajo 933 y los diámetros arrojados por la broca ya utilizada fueron los siguientes.



Figura 25. Medición del desgaste de la broca según la clasificación del tipo de roca evaluada de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro respecto al año 2018

En la siguiente tabla se muestra el análisis completo de los metros perforados según el tipo de roca, el tiempo de perforación, el desgaste que presenta según estas dos variables y el afilado de la broca realizada cuando el inserto tiene un desgaste la tercera parte de sí misma.

Tabla 11. Análisis comparativo broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro de los metros perforados

Número de Broca	Fecha	Tipo de macizo rocoso	Número de taladro	Longitud de taladro	Metros perforados	Tajo	Tiempo de perforación neta en Horas	Diámetro inicial de la broca (mm)	Diámetro final de la broca (mm)	Desgaste del diámetro del inserto (mm)	Afilado de broca
Broca N° 1	1/02/2019	Esfalerita - VI A	7	6	42.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	0.98	66.0	65.0	-1.0	
	2/02/2019	Esfalerita - VI A	8	9	72.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.79	65.9	64.2	-1.6	Afilado de broca
	3/02/2019	Esfalerita - VI A	15	6	90.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.30	65.6	63.6	-2.0	Afilado de broca
	4/02/2019	Dacita - III B	4	9	36.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	0.86	65.3	64.5	-0.4	Afilado de broca
	5/02/2019	Esfalerita - VI A	14	6	84.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.18	65.2	63.3	-1.9	Afilado de broca
	6/02/2019	Esfalerita - VI A	12	8	96.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.89	64.9	62.7	-2.2	Afilado de broca
	7/02/2019	Esfalerita - VI A	15	6	90.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	3.20	64.9	62.8	-2.0	Descarte de broca
Broca N° 2	8/02/2019	Esfalerita - VI A	12	10	120.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.85	66.0	63.3	-2.7	
	9/02/2019	Dacita - III B	5	8	40.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.22	65.6	64.7	-0.5	Afilado de broca
	10/02/2019	Dacita - III B	4	8	32.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.38	65.5	64.7	-0.4	Afilado de broca
	11/02/2019	Esfalerita - VI A	16	10	160.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	3.40	65.3	61.7	-3.6	Afilado de broca
	12/02/2019	Esfalerita - VI A	7	10	70.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.02	64.8	63.2	-1.6	Afilado de broca
	13/02/2019	Esfalerita - VI A	9	10	90.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.11	64.6	62.5	-2.0	Descarte de broca
Broca N° 3	14/02/2019	Esfalerita - VI A	7	10	70.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.49	66.0	64.4	-1.6	
	15/02/2019	Esfalerita - VI A	8	10	80.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.51	65.8	63.9	-1.8	Afilado de broca
	16/02/2019	Esfalerita - VI A	8	10	80.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.69	65.5	63.7	-1.8	Afilado de broca
	17/02/2019	Esfalerita - VI A	12	8	96.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	3.03	65.2	63.0	-2.2	Afilado de broca
	18/02/2019	Esfalerita - VI A	10	10	100.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.70	64.9	62.6	-2.3	Afilado de broca
	19/02/2019	Esfalerita - VI A	10	10	100.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.69	64.5	62.3	-2.3	Descarte de broca
	20/02/2019	Esfalerita - VI A	10	10	100.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.78	66.0	63.7	-2.3	
Broca N° 4	21/02/2019	Esfalerita - VI A	10	10	100.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	2.64	65.7	63.4	-2.3	Afilado de broca
	22/02/2019	Dacita - III B	2	6	12.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	0.20	65.3	65.0	-0.2	Afilado de broca
	23/02/2019	Esfalerita - VI A	10	10	100.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.34	65.3	63.0	-2.3	Afilado de broca
	24/02/2019	Dacita - III B	2	2	3.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	0.11	64.9	64.9	-0.1	Afilado de broca
	25/02/2019	Esfalerita - VI A	8	10	80.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.34	64.9	63.1	-1.8	Afilado de broca
	26/02/2019	Dacita - III B	4	10	40.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.00	64.7	63.7	-0.6	Afilado de broca
	27/02/2019	Dacita - III B	4	10	40.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.45	64.5	63.6	-0.5	Afilado de broca
	28/02/2019	Dacita - III B	4	10	40.00	Tajeo 933 unidad Carahuacra	1.00	64.4	63.5	-0.5	Descarte de broca
Total					2063.00		51.15				

Se realizó un análisis del comportamiento de la broca propuesta para la perforación en el año 2020 donde se concluye lo siguiente:

- La razón de desgaste del Tajo 933 de la veta María Luisa de la unidad minera Carahuacra, en la roca de tipo es dacita de RMR III B es menor al tipo de roca Esfalerita – VI A, por lo tanto, se puede deducir si se perfora 80 metros en el tajo 933, los resultados serían la perforada realizada en la roca esfalerita se desgastaría en promedio 1.76mm y en la roca dacítica sería 1 mm.
- El afilado de la broca debe realizarse cada vez que la broca haya sido utilizada en 40 metros perforado como mínimo, si sobrepasamos este metraje se estaría sobre perforando la broca es decir que se estaría incumpliendo el intervalo de afilado, una vez desgastado el inserto la recuperación de ello es del 80 % de la misma gracias al intervalo de afilado correctamente.

Previo al cálculo anterior se va a estandarizar según la unidad minera en este caso será la unidad minera Carahuacra veta María Luisa Tajeo 933.

En la siguiente tabla se muestra el consumo de las brocas de perforación según los trabajos realizados en el tajeo veta María Luisa tajeo 933.

Tabla 12. 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 <i>Stand by</i> 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.		

2.3.6 Elección de la columna de perforación adecuada para la actividad de perforación en la unidad minera Carahuacra.

En una visión macro de toda la unidad minera se tiene una comparación de la producción en toneladas, rendimientos en metros perforados, consumo de brocas y el costo total de la broca del año 2019. Se utilizaba la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros utilizada hoy en día y vemos las mejoras obtenidas.

- **Viable en términos técnicos y económicos de la broca elegida**

En la tabla se presenta de manera resumida la producción en toneladas, los metros perforados, consumo total de las brocas, 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 solamente de la broca de perforación, en el cálculo se considera para la perforación de taladros largos un precio unitario de 0.49 \$/metro perforado para la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y para la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros de 0.36 \$/metro perforado, en este costo unitario de metro perforado ya está incluido el costo de afilado de las brocas por \$/metro perforado.

Tabla 13. Comparativo de rendimientos de la vida útil de las dos brocas de perforación para el metro de minado por bench and fill del año 2018 y 2019

AÑO - TIPO DE BROCA	AÑO 2018 Broca Retráctil faldón Largo T38 X 64 mm	AÑO 2019 Broca Retráctil faldón corto T38 X 64 mm	Optimizacion de cada factor
PRODUCCION (ton)	683,154	749,898	66,744
METRO PERFORADO (m)	207,979	225,420	17,441
CONSUMO TOTAL DE BROCAS DE PERFORACION	494	434	60
COSTO TOTAL (US \$)	101,106	81,038	20,068
indices de operación			
Incidencia de producción/metro perforado	3.28	3.33	0.04
Incidencia de producción/consumo de brocas	1,383	1,728	345
Incidencia de producción/costo total de brocas	6.76	9.25	2.50
Incremento porcentual de la vida útil	100.00%	123.37%	23.37%

El rendimiento de vida útil total de aceros de perforación del año 2018 frente al 2019 tiene un incremento del 23.37% frente al año anterior. Se tiene una optimización en reducción de costos del rendimiento para el año 2019 lo siguiente:

Análisis de resultados:

- Se tuvo una mayor producción en 66,744 toneladas en el año 2019.
- Los metros perforados fue mayor en 17,441 respecto en el año 2019.
- El consumo total de brocas de perforación se redujo en 60 unidades en el año 2019.

- Se redujo el costo total por consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros en 20,068 dólares en el año 2019.

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. (10)

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. (10)

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. (10)

2.4.4 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. (10)

2.4.5 Sobre perforación

Cuando las brocas presentan más del 1/3 de desgaste, se le denomina sobre perforación lo que origina una vida más corta de brocas y brocas rimadoras. (10)

2.4.6 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. (10)

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: deducir la elección del uso de aceros de perforación, ideal para la mina; que se analizará mediante datos de campo *in situ* y el equipo de perforación utilizado en la actividad de perforación de taladros largos. El método analítico se utilizó para análisis de la caracterización geomecánica del macizo rocoso para la perforación de taladros largos.

3.1.2 Método específico de la investigación

A partir de la información general de geología, 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* y analizará la elección técnica económica de los aceros de perforación. Por métodos prácticos, se determinó los rendimientos, consumo, vida útil y costo que lleva el cambio de la broca, ideal en la perforación de taladros largos.

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 de la elección de los aceros de perforación para uso en la actividad de perforación de taladros largos se puede aplicar para la cualquier empresa minera. La metodología de estudio permitirá reducir las pérdidas productivas y operacionales en la perforación. Reajustar el cambio de aceros de perforación según geomecánica ayuda a aumentar la producción evitando paradas operativas en la perforación de taladros largos.

3.2.2 Nivel de investigación

Es de nivel explicativo tecnológico, ya que existe un interés en explicar una relación en el comportamiento entre las variables. En ese sentido, trata de explicar de qué manera la evaluación geomecánica del macizo rocoso influye en la elección técnica económica de los aceros de perforación en la actividad de perforación de taladros largos por medio de la interrelación de variables, factores y parámetros de perforación, el control y por último la estandarización.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La unidad productora Carahuacra es una de las componentes de la UEA Yauli de Volcan Compañía Minera S. A. A.

3.3.2 Muestra

Está conformada por el tajeo 933 E-W del nivel 970 de la veta María Luisa de la empresa Volcan Compañía Minera S. A. A.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

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.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo el cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de las empresas como Epiroc, Sandvik, Boart Longyear entre otras empresas más. Se realizará la recolección de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo utilizando programa Excel y hacer uso de tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

3.5 Método y procedimientos para la recolección de datos

Se utilizará el proceso secuencial para la elección técnica económica de la columna de perforación en los trabajos de taladros largos

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra veta María Luisa Tajeo 933

En el estudio geomecánico de la veta María Luisa tajeo 933, 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 14. Clasificación RMR del macizo rocoso-veta María Luisa

Litología	Tipo de macizo rocoso	Rango rmr	Rmr promedio	Calidad
Veta (Esfalerita)	VI A	39-41	40	Mala "A"
Caja techo (Dacita)	III B	43-47	45	Regular "B"
Caja piso (Dacita)	III B	43-47	45	Regular "B"

Tomado del "Estudio Geomecánico para taladros largos Veta María Luisa -Zona Volcánica" por el área Geomecánica de la unidad productiva Carahuacra

Nota: Clasificación RMR del macizo rocoso-veta María Luisa,

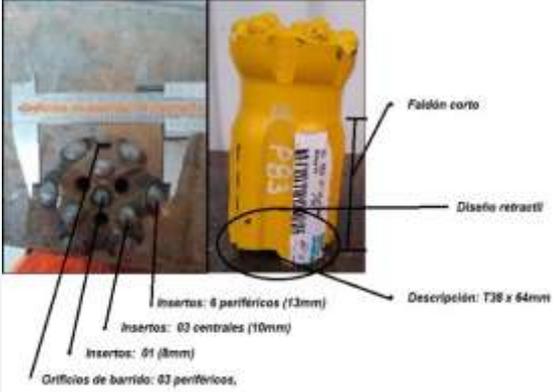
Existen dos tipos de roca la esfalerita y la dacita, de calidad mala y regular esto es primordial para el análisis de las piezas de perforación a utilizar en la Veta María Luisa.

La columna de perforación que se va analizar se tiene estandarizada, la broca de perforación es la primera pieza en estar en contacto con el macizo rocoso lo cual es de suma importancia para su estudio y análisis, lo cual permitirá un cambio óptimo.

4.1.1 Análisis comparativo de las columnas de perforación con broca de perforación de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros utilizado en la veta María Luisa Tajeo 933

Uno de los factores influyentes para la correcta elección del tipo de broca que se debe elegir para la perforación del macizo rocoso es evaluar técnicamente el tipo de roca; así se concluye su uso para la unidad minera. A continuación, se mostrará la broca con sus respectivas características técnicas.

Tabla 15. Análisis comparativo de la broca de perforación de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros utilizado en la Veta María Luisa.

Broca Retráctil faldón largo T38 X 64mm	Broca Retráctil faldón corto T38 X 64mm
	
<p>Análisis comparativo:</p> <p>Las características técnicas influyen definitivamente al perforar en el macizo rocoso cada unidad minera cuenta con una clase de roca distinta, en la perforación estas características influyen como se va desarrollando la perforación netamente en la operación insitu. Es una variable que debe tomarse muy a detalle su comportamiento en la operación.</p>	<p>Análisis comparativo:</p> <p>El diseño de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros minimiza el atascamiento de toda la columna de perforación por el motivo de que el barrido es más fluido a la hora de realizar la perforación por contar con 6 orificios de barrido centrales y periférico.</p> <p>El faldón es más corto lo que ayuda a la evacuación de detritus de forma eficiente para el tipo de roca mala.</p>

4.1.2 Evaluación de los metros perforados de los aceros de perforación en relación con los dos tipos de brocas

La evaluación geomecánica en la Unidad Minera Carahuacra en la Veta María Luisa incluyó a los dos tipos de roca: la dacita y la esfalerita, además los dos tipos de broca de 64 milímetros.

Tabla 16. Metros perforados de los aceros de perforación en relación con los dos tipos de brocas

Evaluación de los metros perforados de los dos tipos de brocas			Columna de perforación con broca retráctil faldón largo t38 x 64 mm - año 2019	Columna de perforación con broca retráctil faldón corto t38 x 64 mm - año 2020
Condiciones de trabajo	Tipo de roca	Tipo de trabajo en perforación	Metros perforados por mes (mp/mes)	Metros perforados por mes (mp/mes)
Fácil	Terreno duro con alta concentración de pirita (muy abrasivo).	Taladros largos (menor tiempo de perforación y mayor rendimiento de los aceros de perforación)	3600 - 3502	3600 - 3639
Media	Zona de cajas, Terreno de medio a duro con baja mineralización (abrasividad medía).	Taladros largos (moderado tiempo de perforación y moderado rendimiento de aceros de perforación)	3500 – 3380	3500 – 3540
Difícil	Zona de veta, terreno medio a suave (panizo), (bajo nivel de abrasividad).	Taladros largos (mayor tiempo de perforación y bajo rendimiento de aceros de perforación)	3400 - 3272	3400 - 3437

Interpretación: Se tiene dos tipos de columnas de perforación, pero la única diferencia es el tipo de broca en cada columna de perforación se tiene lo siguiente:

La columna de perforación con broca Retráctil faldón Largo T38 X 64 mm utilizada en el año 2019 tiene un rendimiento, en roca dacita y media, en promedio mensual: 3380 metros perforados y en roca mala como la esfalerita se tiene un rendimiento 3272 metros perforados.

La columna de perforación con broca Retráctil faldón corto T38 X 64 mm utilizada en el Año 2020 tiene un rendimiento en roca como dacita roca media en promedio mensual se tiene: 3540 metros perforados y en roca mala como la esfalerita se tiene un rendimiento 3437 metros perforados.

4.2 Evaluación de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación en la veta María Luisa

4.2.1 Rendimiento en metros perforados del afilado de las brocas en la veta María Luisa.

El rendimiento de metros perforados del afilado de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros durante todo el año del 2019 y el año 2020 en la veta María Luisa ha resultado deficiente. En la siguiente figura se muestra la comparación del rendimiento de la vida útil establecida a inicios del año 2019 hasta término del año 2020.

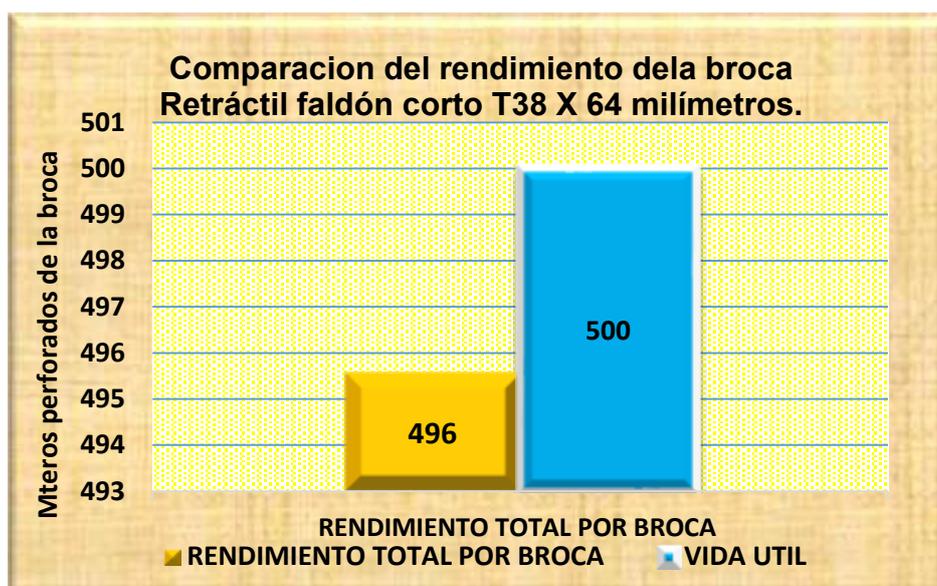


Figura 26. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros

El rendimiento en metros perforados de la broca Retráctil corto largo T38 X 64 milímetro está por debajo de la vida útil de la broca evaluada en 4 metros perforados por debajo de la vida útil.

- **Rendimiento de metros perforados del afilado de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro**

Durante todo el año del 2020, el rendimiento de los metros perforados en la veta María Luisa ha resultado eficiente, en comparación al año anterior. En la siguiente figura se muestra la comparación del rendimiento de la vida útil establecida durante todo el año 2019

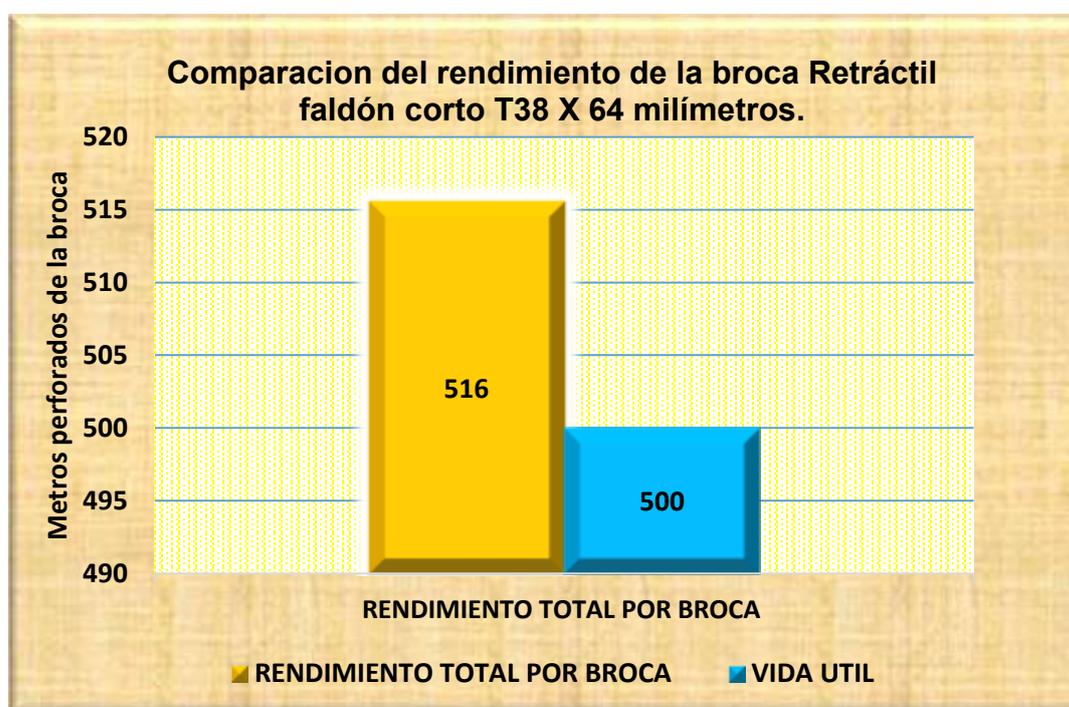


Figura 27. Comparación de rendimiento de los metros perforados de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros

Análisis de resultados:

Para la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros se tiene una pérdida de 4 metros perforados por cada broca de este tipo. Se tiene una optimización a favor de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros, en 16 metros sobre la vida útil para cada broca de este tipo, es óptimo en comparación a la otra broca.

4.2.2 Análisis de la velocidad de perforación para la perforación de taladros largos en la veta María Luisa, tajeo 933 E-W del nivel 970

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.

- **Pérdida de la velocidad de perforación en los taladros largos**

El análisis para el método de minado por *bench and fill* en 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 17. Análisis de pérdida de penetración de la roca-veta María Luisa, tajeo 933 E-W del nivel 970

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	10	1	10	
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.

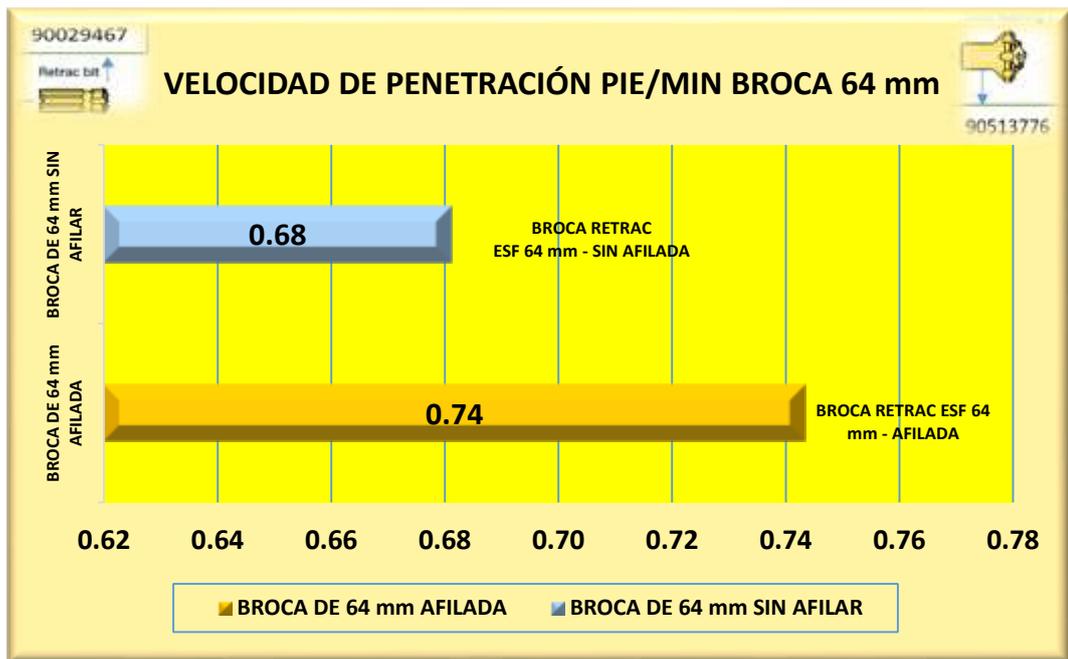


Figura 28. Velocidad de penetración pie/min broca 64 mm-veta Mary

Análisis de resultados:

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 retriturado (remolienda). El 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).

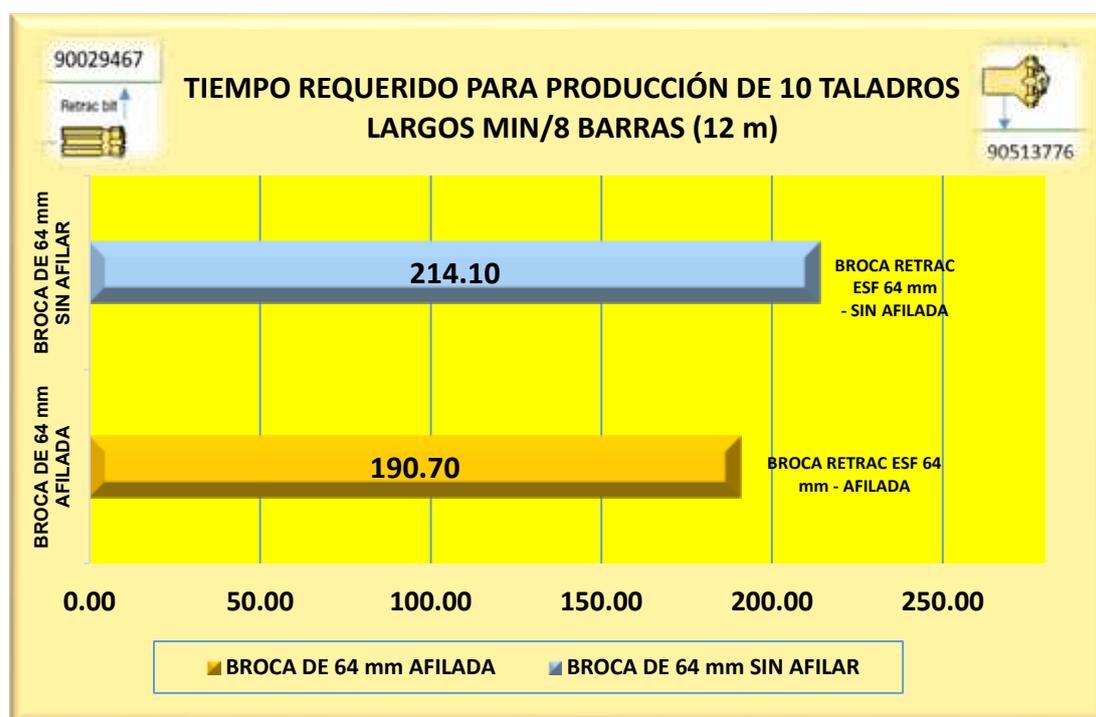


Figura 29. Tiempo requerido para 10 taladros de 12 m (8 barras de 5 pies) broca 64 mm- veta Mary

Análisis de resultados:

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 un ahorro de 23 minutos por los 10 taladros realizados.

4.2.3. Comparación estadística de los rendimientos de la vida útil, consumo y costo de la evaluación de la columna de perforación tras el cambio de broca

Se comparan los metros perforados y el consumo de piezas de perforación por mes para cada tipo de trabajo y equipo. Además, se realiza un análisis

comparativo de los metros perforados y el consumo de las piezas de perforación respecto a la broca propuesta.

a) Comparativo de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro

En la siguiente figura se muestra la comparación de los metros perforados correspondiente a cada mes y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros respecto al año 2019

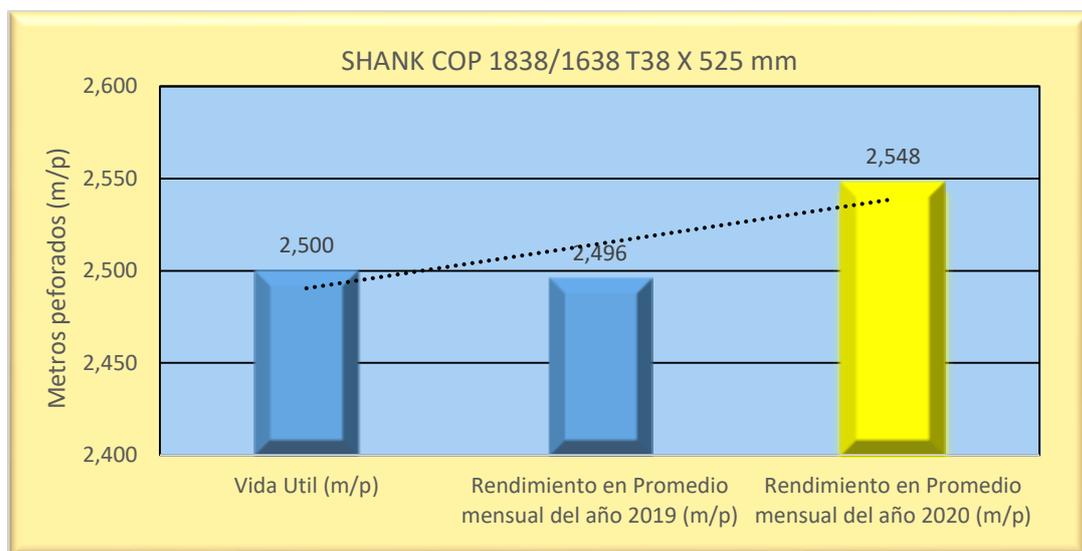


Figura 30. El rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de los adaptadores de culata utilizada en la veta María Luisa

Interpretación: El rendimiento en promedio mensual del año 2020 de los adaptadores de culata en metros perforados se tiene 48 m/p por encima de la vida útil y 52 m/p a comparación del año 2019.

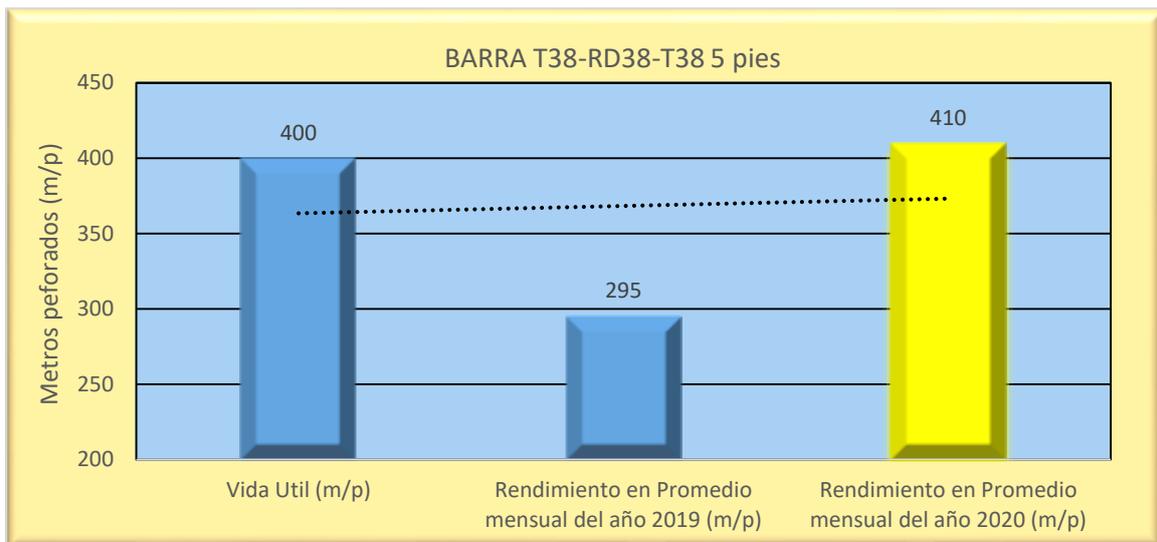


Figura 31. El rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de la barra de 5 pies utilizada en la veta María Luisa

Interpretación: El rendimiento en promedio mensual del año 2020 de los adaptadores de culata en metros perforados se tiene 10 m/p por encima de la vida útil y 105 m/p a comparación del año 2019.

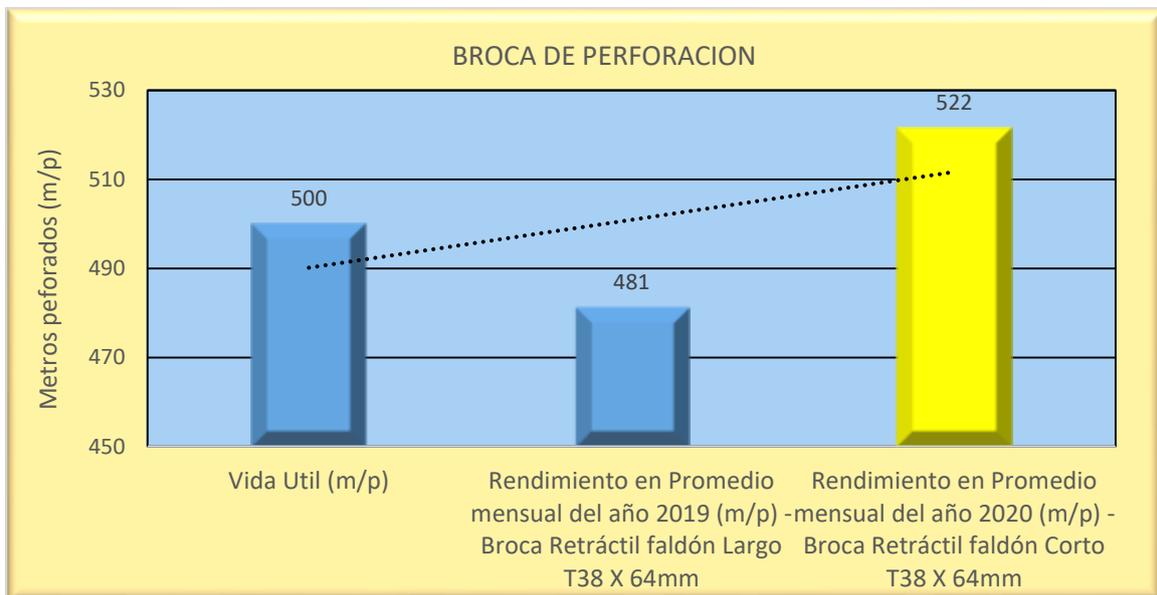


Figura 32. El rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de las brocas de perforación broca retráctil faldón largo y broca retráctil de faldón corto T38 X 64 mm

Interpretación: En cuanto al rendimiento en promedio mensual del año 2019 y 2020 de las brocas de perforación broca retráctil faldón largo y broca retráctil de faldón corto T38 X 64 mm se tiene:

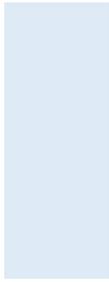
- ✓ La broca retráctil de faldón corto T38 X 64 mm utilizada en el año 2020 en comparación a la vida útil obtuvo 22 m/p más.
- ✓ La broca retráctil de faldón corto T38 X 64 mm utilizada en el año 2020 en comparación a la broca retráctil de faldón largo T38 X 64 mm obtuvo 41 m/p más.

4.3 Evaluación del control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la veta María Luisa

En el siguiente cuadro, se muestra la perforación con los controles de mando de la vida útil de las brocas del equipo de perforación Simba S7D para la perforación de taladros en promedio mensual durante todo el año, en la unidad minera Carahuacra de la veta María Luisa tajeo 933 E-W del nivel 970.

Tabla 18. Controles de factores y parámetros de perforación en la vida útil y rendimiento de las brocas 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)	Evaluación de los metros perforados de los dos tipos de brocas		Año 2018 broca Retráctil faldón Largo T38 X 64 mm	Año 2019 broca Retráctil faldón corto T38 X 64 mm
	Litología (roca)		Roca encajonante (dacita) y roca mineralizada (esfalerita)	Roca encajonante (dacita) y roca mineralizada (esfalerita)
	Vida en (*) (metros)	Broca Retrac. DC T38 X 64 MM ESF (metros)	500 m	500 m
	Rendimiento de la broca (**) (metros)	Broca Retrac. DC T38 X 64 MM ESF (metros)	496	516
	Parametros de perforacion (***)	Presiones (baja - alta)	Collarín (emboquillado)	Full drilling (percusión máxima)
		Rotación (Presión - RPM)	26 bares 155 RPM	30 bares 156 RPM
		Percusión	120 bares	160 bares
Presión de avance		20 bares	23 bares	



<i>Barrido (Dumping)</i>	49bares
<i>Presión de Agua</i>	5.9 bares
<i>Presión de aire</i>	7.2 bares
<i>Tiempo de perforación</i>	18 min
Máquinas	Condiciones del equipo en operación

(*) Vida promedio en MCAR.

(**) Rendimiento de la broca en metros perforados (respecto a los parámetros de perforación).

(***) Se ha de considerar una eficiencia del disparo de 82 %.

Se ha de considerar roca mineralizada para los cálculos, una vida promedio 500 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) Anti-atasque: 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 898mm 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 deficiente, 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.

4.2.1 Comparación estadística de los rendimientos de la vida útil, consumo y costo de la evaluación de la columna de perforación tras el cambio de broca

Se realiza un comparativo entre los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro.

En la siguiente figura, se muestra la comparación de los metros perforados correspondiente a cada mes y el consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros respecto al año 2019

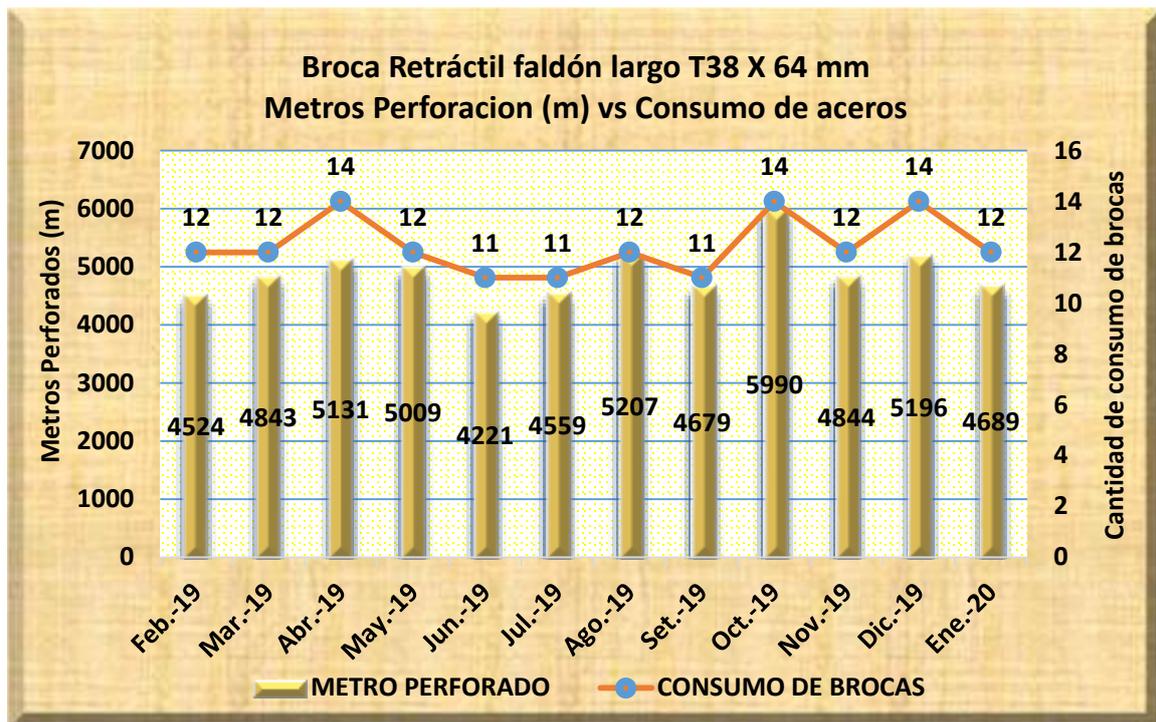


Figura 33. Comparación de metros perforados en relación al consumo de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetro respecto al año 2019

Análisis. El gráfico muestra que en los meses febrero 2019, marzo 2019, abril 2019, mayo 2019, junio 2019, agosto 2019, setiembre 2019 y enero 2019 tuvieron un rendimiento menor a la vida útil de la broca por debajo de los 500 metros perforados, en promedio mensual se tiene una pérdida de 15 metros perforados por el alto consumo de brocas.

- 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

A) Comparativo de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro

En un estudio más amplio se evaluó la perforación en función de los metros perforados y el consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro para toda la unidad minera Carahuacra.

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 la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetro de la perforación de los equipos para trabajos de taladros largos del año 2020

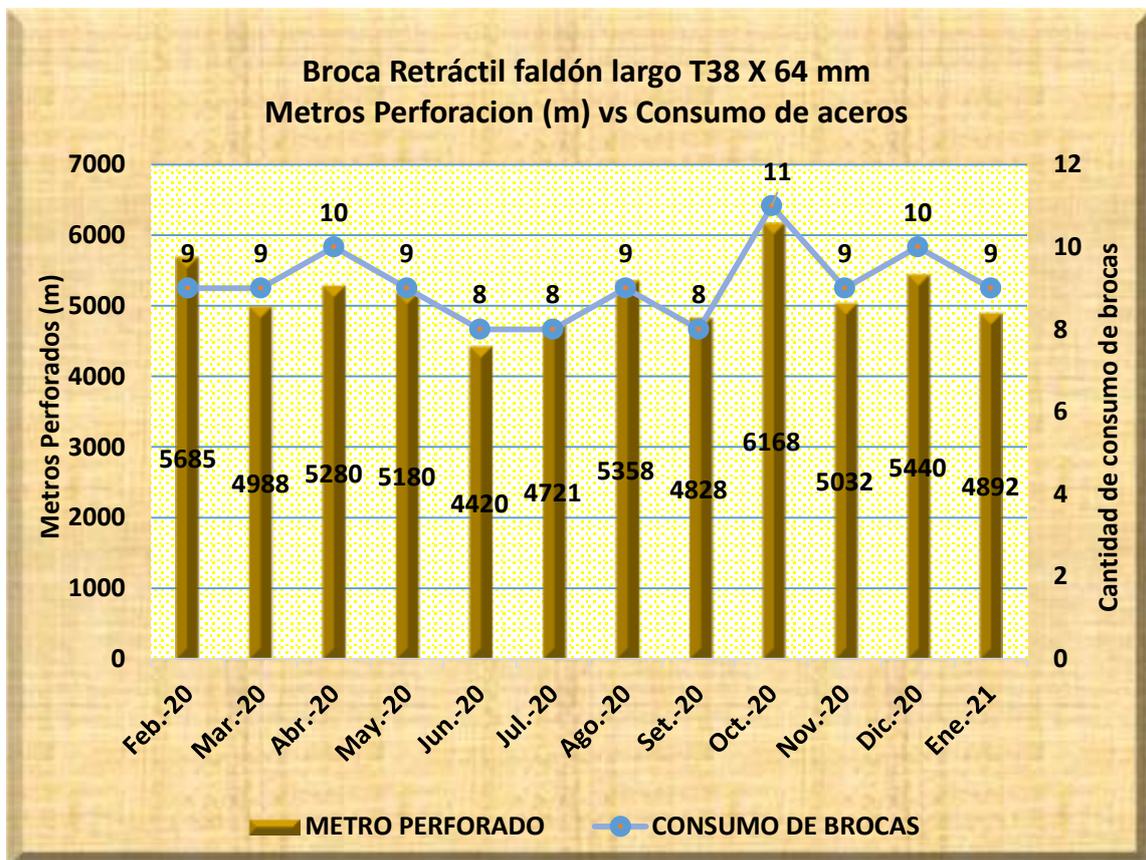


Figura 34. Comparación de metros perforados en relación al consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros respecto al año 2020

Análisis. El grafico muestra el cumplimiento de la vida útil es por encima de la vida útil de la broca durante todo el año se tiene en promedio mensual 20 metros sobre la vida útil de la broca. La evaluación de los dos tipos de roca fue primordial,

al igual de los parámetros de perforación que se regulan de acuerdo al tipo de roca, por su dureza, contextura y abrasividad.

Afilado de brocas. El desgaste prematuro de la broca y su posterior desgaste por rotura o fallas prematuras es primordial el control en el día a día. Además se realiza una comparación del programa de producción en toneladas, metro perforado y costo total por mes de las brocas

B) Comparación del programa de producción en toneladas, metro perforado y costo total por mes de las brocas de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros

En la valorización de los metros perforados para la broca se tiene el precio unitario para la perforación en taladros largos en el trabajo para este método de explotación. El precio unitario es de \$ 0.49 por metro perforado de la broca.

En la siguiente tabla, se muestra el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes de los equipos de perforación en función solo de la broca de perforación de la unidad Carahuacra del año 2019.

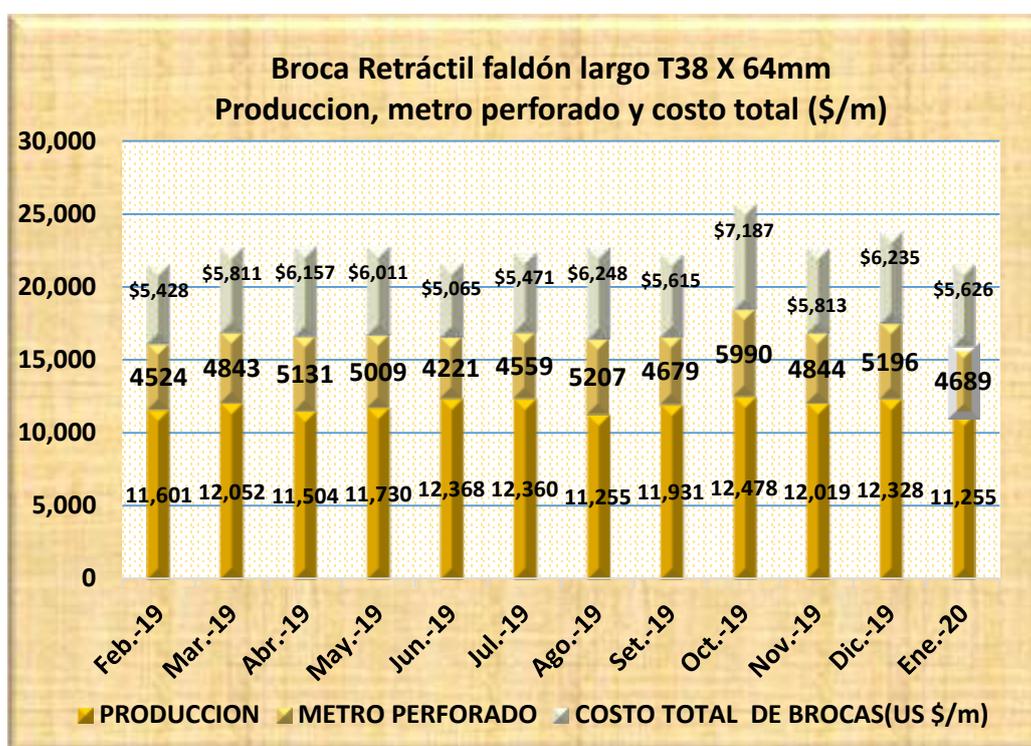


Figura 35. Valorización de metros perforados por mes de la perforación de taladros largos de la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros del año 2019

Análisis. El gráfico muestra que en los meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, setiembre y enero tuvieron un rendimiento menor a la vida útil de la broca por debajo de los 500 metros perforados, en promedio mensual se tiene una pérdida de 15 metros perforados por el alto consumo de brocas, generando pérdidas en la valorización en promedio mensual \$ 7.26.

En todo el año 2019 se ha consumido 459 brocas generando pérdidas en metros perforados 7677. Esto, valorizados nos resulta \$ 3761.73 en pérdidas al año.

C) Comparación del programa de producción en toneladas, metro perforado y costo total por mes de las brocas de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros

En la valorización de los metros perforados para la broca se tiene el precio unitario para la perforación en taladros largos en el trabajo para este método de explotación. El precio unitario es de \$ 0.36 por metro perforado de la broca.

En la siguiente tabla se muestra el programa de producción en toneladas, metros perforados y costo total por mes de los equipos de perforación en función solo de la broca de perforación de la Unidad Carahuacra del año 2020.

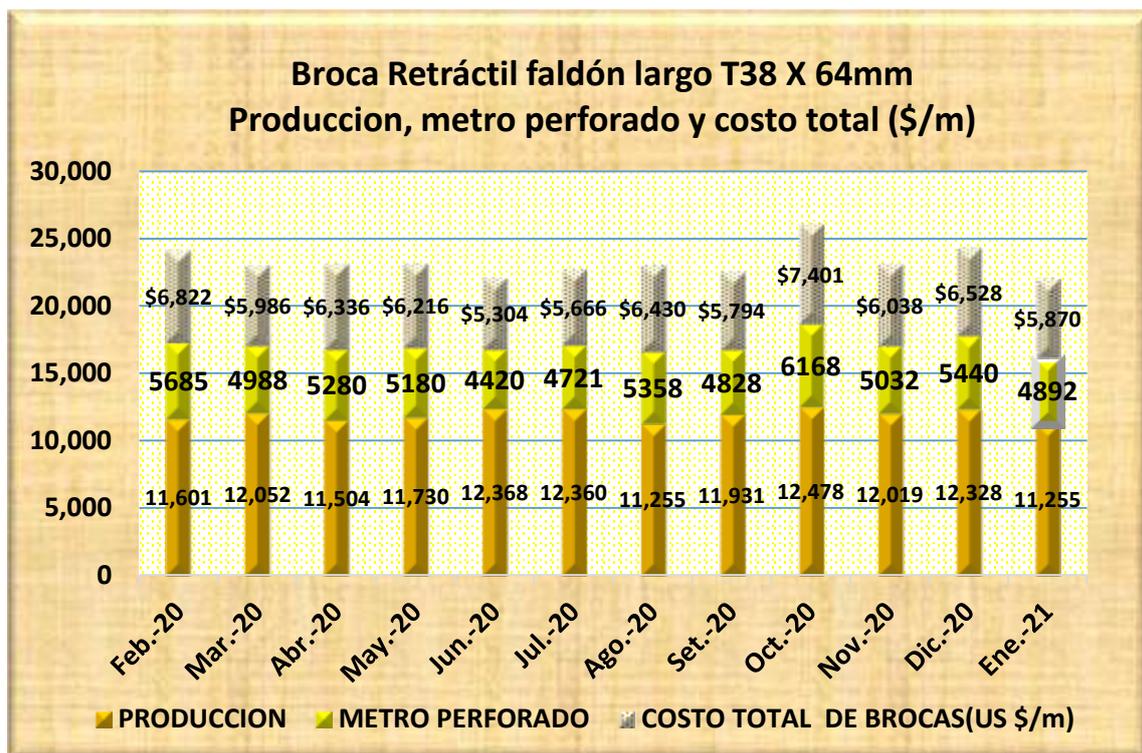


Figura 36. Valorización de metros perforados por mes de la perforación de taladros largos de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros del año 2020

Análisis. El grafico muestra que el rendimiento de la broca de perforación está por encima de la vida útil de la misma 20 metros más, durante todo el año 2020 se tiene en promedio mensual 20 metros sobre la vida útil de la broca, se genera un aumento en el rendimiento en \$ 7.19 respecto a los 20 metros perforados.

En todo el año 2020 se ha consumido 434 brocas generando un aumento de metros sobre la vida útil de 8419, esto valorizados nos resulta \$ 3031 en ganancias lo cual es factible y viable.

4.4 Evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación en la perforación de taladros largos en la veta María Luisa

En una visión macro de toda la unidad minera se tiene una comparación de la producción en toneladas, rendimientos en metros perforados, consumo de brocas y el costo total de la broca del año 2019, se utilizaba la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros utilizada hoy en día y vemos las mejoras obtenidas.

- **Viable en términos técnicos y económicos de la broca elegida**

En la tabla se presenta de manera resumida la producción en toneladas, los metros perforados, consumo total de las brocas, 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 solamente de la broca de perforación, en el cálculo se considera para la perforación de taladros largos un precio unitario de 0.49 \$/metro perforado para la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 milímetros y para la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros de 0.36 \$/metro perforado, en este costo unitario de metro perforado ya está incluido el costo de afilado de las brocas por \$/metro perforado.

Tabla 19. Comparativo de rendimientos de la vida útil de las dos brocas de perforación para el metro de minado por bench and fill del año 2019 y 2020

AÑO - TIPO DE BROCA	AÑO 2019 Broca Retráctil faldón Largo T38 X 64 mm	AÑO 2020 Broca Retráctil faldón corto T38 X 64 mm	Optimizacion de cada factor
PRODUCCION (ton)	145,764	168,330	22,567
METRO PERFORADO (m)	39,147	41,753	2,606
CONSUMO DE AECROS DE PERFORACION TOTAL (unid.)	302	337	35
COSTO TOTAL (US \$) DE LA BROCAS	51,467	50,744	723
indices de operación			
Incidencia de producción/metro perforado de los aceros	3.72	4.03	0.31
Incidencia de producción/consumo de los aceros	483	499	17
Incidencia de producción/costo total de los aceros	2.83	3.32	0.49
Incremento porcentual de la vida útil de los aceros	100.00%	95.58%	-4.42%

El rendimiento de vida útil total de aceros de perforación del año 2019 frente al 2020 tiene un incremento del 4.42% frente al año anterior. Se tiene una optimización en reducción de costos del rendimiento para el año 2020 lo siguiente:

Análisis de resultados:

Se tuvo una mayor producción en 145,764 toneladas en el año 2019.

Los metros perforados fue mayor en 39,147 respecto en el año 2020.

El consumo total de brocas de perforación se redujo en 35 unidades en el año 2020.

Se redujo el costo total por consumo de la broca Retráctil faldón corto T38 X 64 milímetros en \$2,346.90 en el año 2020 por un solo equipo.

En siguiente cuadro se muestra la comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2019 y del año 2020 de los equipos de perforación para el trabajo de producción en la perforación de taladros largos de la unidad minera Carahuacra.

Tabla 20. Comparación del incremento de rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2019 y del año 2020 de los equipos de perforación

Incremento de rendimiento costos por cada acero de perforación	Año 2019 broca Retráctil faldón largo T38 x 64 mm	Año 2020 broca retráctil faldón corto T38 x 64 mm	Incremento del costo del 2020
Costo anual \$	\$60,643	\$62,990	\$2,346.90
Costo por mes \$	\$2,021.45	\$2,099.68	\$78.23

Del cuadro se observa la optimización en reducción de costos del rendimiento de aceros para el año 2020 es de \$2,346.90 anual y \$78.23 mensual por equipo.

En siguiente figura se muestra la comparación del incremento del rendimiento en costos de aceros de perforación del año 2019 y del año 2020 en relación a cuánto asciende por año y mes respecto al año 2020 a los equipos de perforación, en el trabajo de producción en la perforación de taladros largos de la unidad productora Carahuacra.

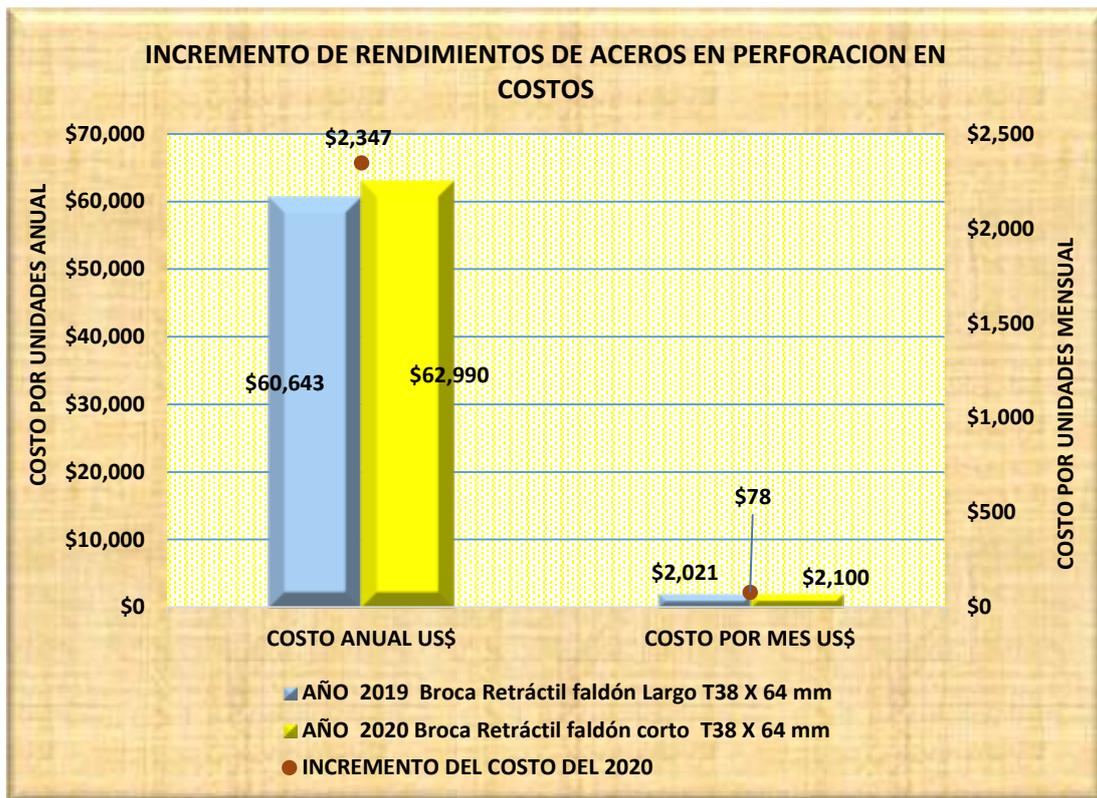


Figura 37. Comparación del incremento de rendimiento en costos anual y mensual de los equipos de perforación de la unidad Carahuacra

Análisis. En el gráfico se muestra el incremento para el año 2020 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 2020 es de \$ 2,347 anual y \$ 78 mensual por equipo.

CONCLUSIONES

1. La evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de la columna de perforación incluye los rangos de parámetros de perforación para la veta María Luisa Tajeo 933 en los dos tipos de rocas. En las rocas encajonantes, que es la dacita de tipo regular con RMR de 45, el trabajo es con dificultad intermedia y en rocas roca mineralizada, que es la esfalerita con RMR de 31 de tipo mala, el trabajo de perforación es con dificultad. En función a los tipos de brocas en relación a la columna de perforación con broca Retráctil faldón corto T38 X 64 mm utilizada en el año 2020 se obtuvo un rendimiento mayor a la broca Retráctil faldón largo T38 X 64 mm del 2019 en 165 m/p más respectivamente.
2. La evaluación de la caracterización geomecánica del macizo rocoso condiciona al rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación, elafilado juega un papel importante en el alargamiento de la vida útil. En comparación con las dos brocas, la broca retráctil de faldón corto obtuvo 16 m/p más sobre la vida útil. Este análisis ayuda a alargar también los demás accesorios en adaptador de culata de 52 m/p más, en las barras de 5 pies 105 m/p, en la broca de faldón corto 41 m/p más.
3. Es fundamental controlar los factores y parámetros de perforación que afecta directamente a los accesorios de perforación. Los rangos normales de los parámetros de perforación para la veta María Luisa presenta dos tipos de roca: 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 el RPM rotación de perforación debe ser de 25 a 45 bares y puede 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.

4. 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 2020 presenta una reducción de costos de \$2,346.90 anual y \$78.23 mensual.

RECOMENDACIONES

1. Cada empresa minera cuenta con tipo de roca diferente por lo cual se debe de analizar antes de elegir los accesorios de perforación ya que cuenta con gran importancia para las operaciones unitarios al reducir el costo de metro perforado a la larga se puede a aumentar la rentabilidad de la empresa minera o contratista.
2. El intervalo de afilado se debe analizar de acuerdo al desgaste del inserto. Se puede realizar día a día o cada dos días, según el desgaste, sea la tercera parte del inserto de la broca. Intervalos inadecuados a larga pueden causar pérdidas prematuras de los accesorios de perforación.
3. Es recomendable no mover a los operadores de los equipos por el motivo de que conlleva a no desempeñar un buen trabajo de perforación, ya que la perforación en sostenimiento frente y en taladros largos no es igual en función a parámetros y factores de perforación, 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.
4. La mejora 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. URQUIZO, Hugo. *Análisis del consumo de barrenos y brocas en corporación Minera Ananea S.A.* Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019, 26 pp.
2. ABANTO, Juan y VASQUEZ, Jeyner. *Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45mm, rimadoras de 102 mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A.* Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo - Perú : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 136 pp.
3. CHIRINOS, Alexis. *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.* Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa - Perú : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015, 163 pp.
4. CELIS, Henry. *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 Stoping Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, Mina Casapalca-Unida.* Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica - Perú : Universidad Nacional de Huancavelica, 2016.
5. MAYORAL, Ruben. *Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación.* Tesis Doctoral (Doctor en Ingeniería de Minas) Asturias - España : Universidad de Oviedo, 2017, 342 pp.
6. ORE, Cesar. *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.* Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo - Peru : Universidad Continental, 2019, 171 pp.
7. Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA . *Informe de estudio de Geológico de reserva y minerales.* Yauli - Oroya , 2017.
8. Departamento de Geomecánica . *Informe de estudio geomecánico e la veta Maria Luisa.* Yauli - la Oroya : Compañía Minera Volcan, 2019.
9. EPIROC PERU S.A. *Simba S7 D Equipo de perforación de barrenos largos.* Santa Catalina - Lima :, 2018. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.epiroc.com/es-pe/products/drill-rigs/production-drill-rigs/simba-s7>

10. EPIROC PERU S.A. *Product catalogue – Tophammer equipment*. . Lima - Peru, 2017. Fecha de consulta: 22 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.epiroc.com/es-pe>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo influye la evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la Unidad Minera Carahuacra?	Determinar cómo influye la evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la Unidad Minera Carahuacra	La evaluación geomecánica del macizo rocoso influye positivamente en la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la Unidad Minera Carahuacra.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica
¿Cómo influye el control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la Unidad Minera Carahuacra?	Determinar cómo influye la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación en la Unidad Minera Carahuacra.	La caracterización geomecánica del macizo rocoso influye positivamente en el rendimiento de la vida útil de los aceros de perforación en la Unidad Minera Carahuacra.
¿Cómo influye el control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la Unidad Minera Carahuacra?	Determinar cómo influye el control de los factores y parámetros de perforación en el consumo de aceros de perforación en la Unidad Minera Carahuacra.	El control de los factores y parámetros de perforación influye positivamente en el consumo de aceros de perforación en la Unidad Minera Carahuacra.
¿Cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación en la perforación de taladros largos en la Unidad Minera Carahuacra?	Determinar cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación en la perforación de taladros largos en la Unidad Minera Carahuacra.	La evaluación técnica económica del consumo de los aceros de perforación es factible en la perforación de taladros largos en la Unidad Minera Carahuacra

Perforación de taladros largos método de minado Bench and Fill



- En cada sección sólo el primer taladro hacia la caja piso es sostenida por ambos stinger, pero ya los siguientes taladros no y esto se debe al realce de la corona de la labor.
- Se le indica al operador la rotación de las brocas durante la operación y se recalca el tema de usar solo las brocas de 61mm para realizar sus taladros de servicio.

Se inspecciona el estado de sus barras en la Perforación de taladros largos método de minado Bench and Fill.



Se inspecciona el estado de sus barras y se verifica que algunas barras se encuentran con uniones roscadas desgastadas por lo que se le realiza el cambio de esas barras para que continúe perforando sin dificultades. Ya habiendo perforado 02 días más se le hace el cambio de columna de perforación completa (10 barras). Obteniendo barras del cambio barras para descartar y barras que se pueden seguir utilizando para otros equipos. Cabe mencionar que las barras cambiados fueron del equipo Simba J-302 que sólo perforaron 200 metros y se dejaron de utilizar por quedar éste inoperativo.

Inspecciona de los taladros de perforación para el minado Bench and Fill.



Se perfora un pecho dejado al borde de la cara libre en la que se tuvo problemas de atascamiento, la percusión realizada resultó en la pérdida de 01 broca que se soltó de la barra, todo esto en presencia del Superintendente de mina Carahuacra a quien en ese instante se le explicó los riesgos de realizar esa perforación.

Inspecciona de la Perforación de taladros largos método de minado Bench and Fill.

