

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación de aceros de perforación para
propuesta de consumo mensual, labores de
avance, unidad minera Sotrami S. A., 2023**

Luis Eber Quispe Nuñez
Bryan Raul Curasi Barrera

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Julio Fredy Porras Mayta
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 23 de febrero de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**EVALUACIÓN DE ACEROS DE PERFORACIÓN PARA PROPUESTA DE CONSUMO MENSUAL, LABORES DE AVANCE UNIDAD MINERA SOTRAMI S.A. 2023**", perteneciente a los estudiantes **LUIS EBER QUISPE NUÑEZ y BRYAN RAUL CURASI BARRERA**, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Eber Quispe Nuñez, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 77657996, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

- 1.
2. La tesis titulada: "EVALUACIÓN DE ACEROS DE PERFORACIÓN PARA PROPUESTA DE CONSUMO MENSUAL, LABORES DE AVANCE UNIDAD MINERA SOTRAMI S.A. 2023 ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
3. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

23 de 02 de 2024.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Bryan Raul Curasi Barrera, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71704128, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

- 6.
7. La tesis titulada: "EVALUACIÓN DE ACEROS DE PERFORACIÓN PARA PROPUESTA DE CONSUMO MENSUAL, LABORES DE AVANCE UNIDAD MINERA SOTRAMI S.A. 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
8. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
9. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
10. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

23 de 02 de 2024.

EVALUACIÓN DE ACEROS DE PERFORACIÓN PARA PROPUESTA DE CONSUMO MENSUAL, LABORES DE AVANCE UNIDAD MINERA SOTRAMI S.A. 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.slideshare.net Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	docplayer.es Fuente de Internet	2%
4	www.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	vsip.info Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.xuletas.es Fuente de Internet	<1%

9	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	radharanijewellers.in Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unne.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.sellosmecanicos.com.ar Fuente de Internet	<1 %
18	www.repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	f40.iaea.org Fuente de Internet	<1 %
20	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 20 words

DEDICATORIA

Primordialmente a la mujer que me dio la vida, que es mi madre con mucho cariño y aprecio le dedico todo mi esfuerzo puesto para la elaboración de esta tesis, también y no menos importante a Dios que en todo momento y circunstancia se encuentra acompañándome e iluminándome en el día a día.

Bach. Luis Eber Quispe Nuñez

Mi tesis dedico en primer lugar a mis padres: a ti mamita por tu gran amor, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida. A ti papito por tu paciencia, por enseñarme el camino de la vida, gracias por tus consejos, por el amor que me diste, por el apoyo incondicional en mi vida, sé que desde el cielo me sigues cuidado como siempre lo hiciste, gracias por llevarme en tus oraciones porque estoy seguro de que siempre lo haces.

En segundo lugar, se lo dedico a mi esposa e hijo: Ximena gracias por ser mi acompañante incondicional en mi vida, eres la alegría encajada en solo una persona, la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en mis momentos y situaciones más tormentosas, siempre ayudándome. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fuiste muy motivadora y esperanzadora. A ti mi Mathías, por ser el motor y el amor de mi vida, todo lo hago pensando en ti. Recuerda que siempre cuentas conmigo y siempre te voy a amar.

En tercer lugar, se lo dedico a toda mi familia en general, gracias a mis abuelitos, tíos, primos (as).

Bach. Bryan Raúl Curasi Barrera

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar siempre con nosotros y permitir que se cumpla este sueño tan deseado.

A nuestro asesor Julio Porras Mayta, por el apoyo que nos brindó para poder concluir con éxito esta tesis.

A la Compañía Minera SOTRAMI S. A. por abrirnos el paso para una oportunidad de desarrollo laboral, también por las facilidades de obtención de los datos para esta investigación. A los ingenieros de la Compañía Minera SOTRAMI S.A. por su valiosa enseñanza que tuvieron un aporte para que sea posible esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTO.....	9
ÍNDICE GENERAL.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	18
1.1.1 Problema general.....	18
1.1.2 Problemas específicos.....	19
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo general.....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Justificación.....	19
1.3.1 Justificación práctica.....	19
1.3.2 Justificación metodológica.....	20
1.4 Delimitación del proyecto.....	20
1.4.1 Delimitación espacial.....	20
1.4.2 Delimitación temporal.....	20
1.4.3 Delimitación económica.....	20
1.5 Hipótesis y variables.....	20
1.5.1 Hipótesis general.....	20
1.5.2 Hipótesis específicas.....	21
1.5.3 Variables.....	21
1.5.4 Operacionalización de variables.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes del problema.....	23
2.2 Bases teóricas.....	30
2.2.1 Perforación y voladura.....	30

2.2.2 Optimización de la vida útil	41
2.2.3 Vida útil de los aceros de perforación	43
2.2.4 Perforaciones de las rocas.....	44
2.2.5 Brocas de botón	47
2.2.6 Barrenos	49
2.2.7 Cuidados y mantenimiento.....	49
2.2.8 Costo de perforación.....	51
2.3 Definición de términos básicos.....	51
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	53
3.1 Métodos y alcances de la investigación	53
3.1.1 Método general	53
3.1.2 Tipo de investigación	53
3.1.3 Nivel de investigación	53
3.2 Diseño de investigación	54
3.3 Población y muestra.....	54
3.3.1 Población	54
3.3.2 Muestra	54
3.4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	54
3.4.1 Técnicas de investigación	54
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos	54
3.5 Técnicas de procesamiento de datos.....	55
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1 Presentación de resultados.....	56
4.2 Consumo de brocas	67
4.2.1 Brocas de 36 mm	67
4.2.2 Consumo de barrenos de 6 pies	74
4.2.3 Consumo de barrenos de 4 pies	79
4.2.4 Análisis de brocas	85
4.3 Discusión de resultados	89
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 2. Potencia de percusión en función del diámetro de varillaje	40
Tabla 3. Perforabilidad frente a resistencia a la compresión	42
Tabla 4. Coordenadas UTM. DATUM WGS-84 concesión minera Santa Filomena.....	56
Tabla 5. Coordenadas UTM. DATUM WGS-84 concesión minera Victoria 100.....	57
Tabla 6. Acceso vía terrestre unidad minera Santa Filomena	59
Tabla 7. Rendimiento por broca CR SE - 2860 (pies perforados)	67
Tabla 8. <i>Reporte de brocas 36 mm – CR SE-1 - 2670</i>	68
Tabla 9. Consumo de brocas (unidades/guardia), mes – noviembre (del 01 al 10)	70
Tabla 10. Consumo de brocas (unidades/guardia), mes – noviembre (del 11 al 23)	71
Tabla 11. Resumen	73
Tabla 12. Rendimiento por barreno (pies perforados) del 1 al 13 - noviembre	74
Tabla 13. Consumo (unidades/guardia) del 01 al 11).....	77
Tabla 14. Consumo (unidades/guardia) del 12 al 23).....	78
Tabla 15. Rendimiento por barreno (pies perforados) del 1 al 13-nov	79
Tabla 16. Rendimiento por barreno (pies perforados) del 14 al 23-nov.....	80
Tabla 17. Consumo (unidades/guardia) del 01 al 10 de noviembre	82
Tabla 18 Consumo (unidades/guardia) del 12 al 22 de noviembre	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esfuerzos sobre el varillaje.....	34
Figura 2 Martillo neumático	35
Figura 3 Funcionamiento del martillo en fondo.....	36
Figura 4 Martillo hidráulico	39
Figura 5 Comparación de la onda de compresión en diferentes martillos - hidráulico y neumático	40
Figura 6. Perforabilidad (cm/min) frente a resistencia a la compresión (bar).....	42
Figura 7. Plano de ubicación regional de la unidad minera Santa Filomena	57
Figura 8 Plano de ubicación departamental de la unidad minera Santa Filomena.....	58
Figura 9 Plano de ubicación distrital de la unidad minera Santa Filomena	58
Figura 10. Ruta de accesibilidad a la unidad minera Santa Filomena	59
Figura 11 Reporte de consumo de broca CR SE - 2860 (36 mm)	69
Figura 12 Reporte de consumo de broca CR SE-1 - 2670 (36 mm).....	69
Figura 13 Comparativo por labor	73
Figura 14 Consumo de brocas (unidad/Día).....	74
Figura 15 Promedio vida útil (PP).....	75
Figura 16 Rendimiento por barrenos del 1 al 13 noviembre.....	75
Figura 17 Rendimiento por barrenos del 14 al 23 - noviembre	76
Figura 18. Consumo diario	79
Figura 19 Promedio vida útil (PP).....	80
Figura 20 Consumo de barrenos 4 pies (del 1 al 13 noviembre)	81
Figura 21 Consumo de barrenos 4 pies (del 13 al 23 noviembre)	81
Figura 22. Consumo diario unidad/ día.....	84
Figura 23. Comparativo consumo barrenos 6 y 4 pies	84
Figura 24 Perforadora RNP 250	85
Figura 25 Perforadora GME 250	86
Figura 26 Rotura de brocas	87
Figura 27 Cr. SE 2860.....	88
Figura 28 Cr. SE 12670.....	89

RESUMEN

La presente investigación propuso como problema general: ¿cuál es el resultado de la evaluación de aceros de perforación para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023? El objetivo principal fue efectuar la evaluación de los aceros de perforación para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023. Además, la hipótesis general fue: la evaluación de los aceros de perforación mediante el análisis del rendimiento de brocas, barrenos y la vida útil influyen para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023.

El método general de investigación empleado en la presente investigación fue el científico tipo aplicada, de nivel descriptivo correlacional, el diseño fue no experimental, la población y muestra estuvo conformada por las labores de avance actualmente se vienen ejecutando entre 6 – 7 labores, de las cuales tenemos la CR 2860 SE; RP 0300; ESCM 8435; BP 8325 Y CR SE-1, como avances lineales y el TJ 6420; TJ 6520 Y EL TJ 6625 en producción, unidad minera SOTRAMI S.A.

Producto de la investigación, se verifico mediante la evaluación de los aceros de perforación mediante las labores de avance los cruceros CR SE – 2860, y CR SE-1 – 2670; por lo cual, se concluye que el consumo de brocas es de 800 brocas mensuales, barrenos de perforación de 6 y 4 pies es de 840 y 1219 unidades respectivamente; respecto al vida útil tomando como referencia el análisis del rendimiento de brocas, barrenos y la vida útil de +/- 250 pies perforados de las brocas de 36 mm BOART LONGYEAR, en roca dura, estos parámetros influyen para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023.

Palabras claves: aceros de perforación, consumo mensual, labores de avance

ABSTRACT

The present investigation was proposed as a general problem: What is the result of the evaluation of drilling steels for the proposal of monthly consumption, work of progress mining unit SOTRAMI S.A. 2023?, whose main objective was: To carry out the evaluation of the perforation steels for the proposal of monthly consumption, work of progress mining unit SOTRAMI S.A. 2023 and the general hypothesis was: The evaluation of the perforation steels through the analysis of the performance of drill bits, holes and the useful life influence the monthly consumption proposal, advance work of the mining unit SOTRAMI S.A. 2023.

The general research method used in the present investigation was the applied scientific type, of a descriptive correlational level, the design was non-experimental, the population and sample consisted of the advance tasks currently being carried out between 6 - 7 tasks, of which which we have the CR 2860 SE; RP 0300; ESCM 8435; BP 8325 and CR SE-1, as linear feeds and the TJ 6420; TJ 6520 AND TJ 6625 in production, SOTRAMI S.A. mining unit

As a result of the investigation, it is concluded that: It was verified through the evaluation of the perforation steels through the advance work of the cruises CR SE - 2860, and CR SE-1 - 2670, that the consumption of drill bits is 800 drill bits per month, drill holes drilling of 6 and 4 feet is 840 and 1219 units respectively; Regarding the useful life, taking as reference the analysis of the performance of drill bits, boreholes and the useful life of +/- 250 drilled feet of BOART LONGYEAR 36 mm bits, in hard rock, these parameters influence the monthly consumption proposal, work of progress mining unit SOTRAMI S.A. 2023.

Keywords: Drilling steel, monthly consumption, advance work

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Evaluación de aceros de perforación para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023” partió de la siguiente realidad problemática: las compañías que integran el sector dedicado a la explotación de recursos mineros, ya sea en forma superficial o subterránea, están clasificadas como las empresas más competitivas de la Perú. Esto se debe a que constantemente están evaluando sus procesos de producción con el propósito de identificar las deficiencias, errores o falta de supervisión con la finalidad de proponer las medidas correctivas pertinentes.

En la unidad minera SOTRAMI S. A., en las labores de avance como la galería 1880 W, zona 23, se viene observando un desgaste prematuro de los aceros de perforación, tanto en las barras como en brocas. Esto se puede evidenciar en los reportes diarios de que se remiten de almacén; como es sabido, estos consumos excesivos vienen influyendo directamente en los costos de producción.

Por lo expuesto, con la ejecución de la presente investigación se busca efectuar la evaluación de los aceros de perforación que se vienen usando en las tareas de perforación y determinar factores influyentes en el desgaste prematuro y sugerir las medidas correctivas para mejorar el rendimiento.

La tesis se desarrolló en cuatro capítulos los cuales contienen la siguiente información:

En el capítulo I se detalla el planteamiento y formulación del problema dando a conocer el problema general y específico, del mismo modo se cita el objetivo general y específico, seguidamente de la justificación práctica y metodológica; para culminar, se exponen la hipótesis general, específica y las variables de esta investigación.

El capítulo II trata de los antecedentes nacionales e internacionales, así como de las bases teóricas y la definición de términos básicos de la investigación.

El capítulo III está destinada para la metodología de la investigación, donde se resalta el método general, tipo, nivel, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV se exponen los datos que se obtuvieron de la investigación.

Finalmente, se dan a conocer las conclusiones recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Las compañías que integran el sector dedicado a la explotación de recursos mineros, ya sea en forma superficial o subterránea, están clasificadas como las empresas más competitivas de la Perú. Esto se debe a que constantemente están evaluando sus procesos de producción con el propósito de identificar las deficiencias, errores o falta de supervisión con la finalidad de proponer las medidas correctivas pertinentes.

En la unidad minera SOTRAMI S. A., en las labores de avance como la galería 1880 W, zona 23, se viene observando un desgaste prematuro de los aceros de perforación tanto de las barras como de las brocas, esto se puede evidenciar en los reportes diarios de que se remiten de almacén; como es sabido, estos consumos excesivos vienen influyendo directamente en los costos de producción.

Por lo expuesto, con la ejecución de la presente investigación se busca efectuar la evaluación de los aceros de perforación que se vienen usando en las tareas de perforación y determinar factores influyentes en el desgaste prematuro y sugerir las medidas correctivas para mejorar el rendimiento.

1.1.1 Problema general

¿Cuál es el resultado de la evaluación de aceros de perforación para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de las brocas de perforación para propuesta de consumo mensual?
- b) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de los barrenos de perforación para propuesta de consumo mensual?
- c) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de la vida útil de los aceros de perforación para propuesta de consumo mensual?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Efectuar la evaluación de los aceros de perforación para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Establecer el resultado de la evaluación de las brocas de perforación para propuesta de consumo mensual.
- b) Establecer el resultado de la evaluación de los barrenos de perforación para propuesta de consumo mensual.
- c) Estimar el resultado de la evaluación de la vida útil de los aceros de perforación para propuesta de consumo mensual.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

La investigación tiene una justificación práctica, ya que con la evaluación de los aceros de perforación en las labores de avance en interior mina se pretende proponer medidas correctivas con la finalidad de determinar el consumo mensual de los aceros de perforación.

1.3.2 Justificación metodológica

El desarrollo de la presente tesis, se justificación en la parte metodológica, ya que el investigador en el proceso de recabar la información del análisis de los aceros de perforación en las labores de avance en interior mina, establecerá instrumentos y metodologías convenientes para conseguir los datos *in situ*.

1.4 Delimitación del proyecto

1.4.1 Delimitación espacial

- ✓ Región: Ayacucho
- ✓ Departamento: Lucanas
- ✓ Distrito de Sancos
- ✓ Su ubicación geográfica es:
- ✓ Longitud Oeste 74°16'30"
- ✓ Latitud Sur 15°21'40"
- ✓ Altitud promedio: 2,475.38 m s. n. m.

1.4.2 Delimitación temporal

La presente investigación está programada para ser desarrollada dentro de las instalaciones de la unidad minera SOTRAMI S.A. en el periodo de marzo a junio del presente año.

1.4.3 Delimitación económica

Los gastos que involucre el desarrollo de la investigación serán cubiertos en su totalidad por los bachilleres responsables.

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1 Hipótesis general

La evaluación de los aceros de perforación mediante el análisis del rendimiento de brocas, barrenos y la vida útil influyen para propuesta de consumo mensual en las labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023

1.5.2 Hipótesis específicas

- a) Las evaluaciones de las brocas de perforación mediante el diámetro no planificado dan como resultado el desgaste prematuro en toda la estructura de la broca lo que influye para propuesta de consumo mensual.

- b) La evaluación de los barrenos de perforación mediante el análisis de los parámetros de perforación con la geología del terreno incide para propuesta de consumo mensual.

- c) La evaluación de la vida útil de los aceros de perforación está en función de desgaste prematuro lo que incide para propuesta de consumo mensual.

1.5.3 Variables

a) Variable Independiente

X1: Aceros de perforación

- **Indicadores:**

- ✓ **Parámetros de perforación**
- ✓ Diámetro de broca
- ✓ Longitud de barreno
- ✓ Vida útil

b) Variable dependiente

Y1: Consumo mensual

- **Indicadores:**

- ✓ Número de brocas
- ✓ Metros perforados

1.5.4 Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente Perforación y voladura	La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura (Karlinski et al., 2009). Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Parámetros de perforación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud de perforación ▪ Diámetro de perforación ▪ Tiempo de perforación ▪ Diseño de perforación ✓ Parámetros de voladura <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de explosivo ▪ Distribución de carga 	<ul style="list-style-type: none"> m m s N° tal. Densidad kg/m³
Dependiente Optimización de costo	La optimización de costos se basa en un enfoque holístico donde se realiza una revisión integral de todos los tipos de costos dentro de una cadena de producción. En este proceso, se desarrollan revisiones dentro de la empresa, contemplando la economía global en la que se inserta.	<ul style="list-style-type: none"> Costos directos Costos indirectos 	<ul style="list-style-type: none"> \$ \$

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

a) Tesis titulada: «*Mejoramiento de la vida útil de las brocas de perforación para generar un mejor control económico en las labores de desarrollo - Zicsa Contratistas Generales S. A.*» (1)

Su objetivo general fue:

- ✓ Mejorar la vida útil de las brocas de perforación para disminuir los costos de perforación en labores de desarrollo Zicsa Contratistas Generales S.A. (1).

Los objetivos específicos son:

- ✓ Mejorar la vida útil de las brocas de perforación (1).

- ✓ Describir los parámetros geomecánicos en labores de desarrollo que repercuten en la vida útil de las brocas de perforación - Zicsa Contratistas Generales S. A. (1).

- ✓ Calcular el costo por pie perforado pre -post estudio del mejoramiento de la vida útil de las brocas de perforación en labores de desarrollo - Zicsa Contratistas Generales S. A. (1).

- ✓ Determinar los resultados en la mejora de la vida útil de las brocas de perforación para disminuir el costo de perforación en labores de desarrollo – Zicsa Contratistas Generales S. A. (1).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Se logró obtener una mejora en la vida útil de las brocas de 45 y 51 mm. Esto con la implementación del afilado de brocas, capacitación del personal y cambio de parámetros en la perforación. La vida útil de las brocas de 45 mm que estaba en 1,509 pies y se incrementó a 1,609. La vida útil de la broca que estaba en 1,055 pies y se incrementó a 1,300 pies (1).
- ✓ En la unidad minera Inmaculada el tipo de roca predominante es regular (III-A, III-B) predominando lava andesítica con un GSI (índice de resistencia geológica) de 40 a 60 en promedio, lo que significa que tenemos un Macizos de calidad regular y abrasiva, esto contribuye al desgaste de nuestras brocas (1).
- ✓ Como vida útil actual de las brocas, se observó que tenemos un déficit de pies/perforados. En brocas de 45 mm. El fabricante nos dice que debe tener una vida útil de 1,600 pies/perforados, entonces nuestra broca solo alcanza los 1,509 pies existe una pérdida de 91 pies, al igual en las brocas de 51 mm, el fabricante indica una vida útil de 1,300, y nuestra broca tenía una vida útil de 1,055 pies por lo tanto tenemos una pérdida de 245 pies/perforados. Por lo cual existe una pérdida de pies/perforados en ambas brocas (1).
- ✓ Al igual se determinó que los equipos de perforación (jumbos) estarían perforando con los parámetros inadecuados, esto sumaría a no alcanzar la vida útil y optima de ambas brocas (45 y 51 mm) citando al fabricante (1).
- ✓ La falta de mantenimiento a las brocas implicaba un retraso en el tiempo de avance (velocidad de penetración) esto por los botones ya desgastados y se creen micro fisuras que ponen en riesgo la perdida de los botones por consiguiente la pérdida completa de las brocas (1).

- ✓ En el planteamiento de mejoras se propuso como primer punto el cambio de parámetros de los equipos de perforación (presión, rotación, percusión, avance y rpm) para ello se realizó capacitaciones a los operadores de los equipos, así conseguir nuevos parámetros los cuales optimicen el consumo de brocas de perforación. Como primera medida se capacito a los supervisores y seguidamente a los operadores siendo las capacitaciones los meses de agosto, septiembre y octubre, estableciendo los nuevos parámetros adecuados el mes de noviembre (1).
- ✓ Un punto muy importante fue la propuesta del afilado de brocas. Gracias a esta mejora se logró restablecer la geometría de los insertos evitando la pérdida de los botones por las micro fisuras generadas en el desgaste y no tener que perder la broca por completo, así mismo se restablece el avance de perforación (velocidad de penetración). El afilado de broca se realiza cuando estén en un 50 % de su estado original (1).
- ✓ Una vez aplicado las propuestas planteadas de mejora se logró extender la vida útil de las brocas así alcanzar un consumo eficiente en dichas brocas. Con la implementación de la mejora obtuvimos una mejora en la vida útil de las brocas de perforación; siendo para las brocas de 45 mm una mejora de 1,509 a 1,604, teniendo como resultado 95 pies perforados adicionales o un 6 % de mejora. Y para las brocas de 51 mm fue de 1,055 a 1,304 pies perforados, dando como resultado una mejora de 249 pies perforados adicionales esto significa un 13.7 % de mejora (1).
- ✓ Considerando todas las mejoras, se observó un ahorro en cuestión de costos, en primera la broca de 45 mm, tenía un costo de \$ 0.0273 pie/perforado, y ahora \$ 0.0256 pie/perforado dando como diferencia un ahorro de \$ 0.0017 pie/perforado. En brocas de 51 mm, su costo anterior era de \$ 0.0368 pie/perforado y su nuevo costo es \$ 0.0256 pie/perforado siendo un ahorro de \$ 0.0112 pie/perforado (1).
- ✓ En costos potenciales para la empresa tenemos para brocas de 45mm, un ahorro de \$ 2.869,615 y broca de 51mm, un ahorro de \$ 13.198,527, todos

estos dígitos son anualizados. En términos económicos sumando el ahorro potencial de ambas brocas obtuvimos un ahorro estimado de \$ 16.068,142 (1).

- ✓ Como conclusión final, se tiene la seguridad y certeza de reducir los costos de perforación para actividades similares en cualquier operación minera y a futuro (1).

b) Tesis titulada: «*Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristóbal de minera BATEAS SAC*» (2)

Su objetivo general fue:

- ✓ Optimizar el uso de los aceros de perforación en la UEA San Cristóbal de Minera Bateas SAC (2).

Sus objetivos específicos fueron:

- ✓ Controlar el ciclo de perforación, manteniendo procedimientos de operación adecuados para la perforación con jumbo (2).
- ✓ Controlar el desgaste de los aceros de perforación tanto de brocas y barras de perforación (2).
- ✓ Capacitar al personal de línea *in situ* para la mejora de los índices en el uso de los aceros de perforación para una mejora de la productividad (2).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Se alcanzó una óptima operatividad en los jumbos y máquinas convencionales (Jack Leg) adecuando a los procedimientos correctos de operatividad, evitando tener una pérdida ya sea por desgaste prematuro o por inadecuada operatividad de dichos equipos (2).
- ✓ Los aceros de perforación no van separados de la operatividad de los equipos, una es complementaria a la otra debido a ello su importancia para obtener una vida útil óptima (2).

- ✓ La utilización de las brocas y aceros de perforación tomando en cuenta las recomendaciones que se da para cada zona de la mina y de acuerdo a los procedimientos escritos para la utilización de estas, así como la dimensión de la broca a utilizar, las presiones de aire y el tiempo a la que debe de realizarse el afilado permitió mejorar la vida útil de los aceros de perforación y se redujo los costos de los mismos (2).
 - ✓ Una adecuada supervisión con hojas de control de equipo y de aceros de perforación y la capacitación *in situ* de los operadores y ayudantes para la operatividad adecuada de los equipos de perforación permitió alcanzar la optimización del uso de los aceros de perforación (2).
- c) Tesis titulada: «*Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A.*» (3).

El objetivo general de la tesis fue:

- ✓ Implementar un control adecuado en el uso de los aceros que involucra todo el trabajo de perforación para reducir el consumo elevado de aceros en la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí– Lima (3).

Sus objetivos específicos fueron los siguientes:

- ✓ Analizar las causas principales que generan el elevado consumo de aceros de perforación y plantear acciones de mejora en la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí – Lima (3).
- ✓ Obtener buenos resultados, teniendo ratios de mejora continua con controles diarios a través del rendimiento y vida útil de los aceros para poder garantizar la mejora en las operaciones a costos menores (3).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ La Compañía Minera Casapalca quien explora, prepara, desarrolla y explota minerales polimetálicos, hoy en día, tiene una mejora en sus procesos específicamente en perforación y voladura y todo aquello que esté relacionado

a dichos procesos. Desde que se ha aplicado los controles de aceros de perforación, se tiene resultados favorables para la empresa, tanto en costos como en los procesos diarios. Los rendimientos de los aceros, de las brocas, barras *shank* y *coupling* (vida útil), son mayores que antes por ende el costo es menor. La aplicación de estos controles es diaria, lo que permite saber con mayor detalle todos los estatus de los aceros de perforación y como también de los equipos, si falla alguno de los controles es cuando se tiene mayor problema. En lo habitual se procura no tener estos descontrolados para eso la supervisión tiene que estar controlando e informando los trabajos de control (3).

- ✓ La empresa anteriormente invertía una fuerte suma de dinero en adquisición de aceros de perforación por el alto consumo de estos (se muestran en las tablas presentadas anteriormente), aplicando estos controles se tuvo una disminución de consumo de aceros y con ello se ha disminuido los costos de perforación que es favorable para la empresa y se ha mejorado los trabajos en las operaciones con menos horas muertas o menos tiempos improductivos (3).
- ✓ El área de mayor deficiencia (problemas con los controles de aceros) y mayor consumo de aceros era de taladros largos (una columna completa llegaba a costar hasta \$. 6,000.00) todo ello por los problemas que en su momento presentaban, con la aplicación de los controles hoy en día se tiene un menor consumo de aceros de taladros largos (3).

d) Tesis titulada: «*En su tesis titulada: optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en mina San Vicente – CIA. San Ignacio de Morococha S.A.A. año 2018*» (4)

El objetivo general de la tesis fue:

- ✓ Determinar la influencia de la optimización de la vida útil los aceros de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente –compañía minera San Ignacio de Morococha S. A. A. (4).

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- ✓ Determinar la influencia del control de la vida útil de la broca de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente –compañía minera San Ignacio de Morococha S. A. A. (4).
- ✓ Determinar la influencia del control de la vida útil de la barra de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente –compañía minera San Ignacio de Morococha S. A. A. (4).
- ✓ Determinar la influencia del afilado de brocas y vida útil de los aceros de perforación en la reducción de mina San Vicente –compañía minera San Ignacio de Morococha S. A. A. (4).
- ✓ Determinar la relación del torqueado de barras y vida útil de los aceros de perforación en la reducción de mina San Vicente –compañía minera San Ignacio de Morococha S. A. A. (4).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Con el cuidado, uso adecuado y afilado de brocas oportunamente se optimizó la vida útil de las brocas de perforación de 45 mm obteniendo una mejora 35 % de su vida útil respecto al hallado, logrando un incremento de 1124.15 pies perforados/broca (4).
- ✓ Con la capacitación en uso adecuado e inicio de torqueado de barras de 12 pies, se optimizó su vida útil en un 31 % adicional del encontrado, obteniendo un incremento de 3914.16 pies perforados/barra (4).
- ✓ Se evidenció una estrecha relación de la vida útil con el uso adecuado de los aceros de perforación cuyo equilibrio garantiza una mejora en su vida útil (4).
- ✓ Se optimizó de manera indirecta el rendimiento de la voladura por el control del paralelismo en las perforaciones usando guías de PVC, con ello se evidencia menor sobre rotura y mejor rendimiento en los avances (4).

- ✓ De acuerdo al balance neto, se logró una reducción de costos por consumo de aceros de perforación de 1435,04 \$/ mes, por lo tanto, se tendría un ahorro de 17,220.48 \$/ año (4).
- ✓ Se logró determinar el que una mala evaluación del macizo rocoso influye en un deficiente rendimiento en la perforación y con ello el desgaste prematuro de los aceros de perforación (4).
- ✓ Por lo que podemos concluir que la aplicación de una mejora en la optimización de la vida útil de los aceros de perforación como son broca de 45 mm y barras de 12 pies permite generar una reducción de costos, esto implica que de manera directa la tesis es rentable (4).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Perforación y voladura

La perforación y voladura es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son aplicables de una manera rentable. Así, partiendo de esta definición, este método es aplicable a cualquier método de explotación, bien en minería, bien en obra civil, donde sea necesario un movimiento de tierras (5).

La técnica de perforación y voladura se basa en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocarán explosivos que, mediante su detonación, transmiten la energía necesaria para la fragmentación del macizo rocoso a explotar (5).

La perforación en roca ha ido evolucionando con el tiempo con la incorporación y empleo de diferentes tecnologías, aunque muchas han ido cayendo en desuso, bien por la eficiencia conseguida, o bien por otros condicionantes externos (económicos, medioambientales, etc.). Las más empleadas y desarrolladas se basan en sistemas de perforación mecánicos, conocidos como sistemas de perforación “a rotación” y “a percusión”. Son estos métodos, cuya eficacia se enmarca en energías específicas por debajo de los 1.000 J/cm³, los que serán más ampliamente descritos y desarrollados en este libro (5).

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afirmarse categóricamente que “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”. Se entiende por buena perforación aquella que se ha hecho con los medios y técnicas más adecuadas y que además se ha ejecutado de forma correcta. Así mismo una buena voladura será aquella que cumple con el objetivo para que el que fue diseñada (5).

a) Sistemas de perforación a percusión

Esta denominación engloba todas aquellas formas de perforación en las que la fragmentación de la roca se produce básicamente por impacto de un útil de filo más o menos aguzado sobre la misma (5).

En estos sistemas, la velocidad de perforación es proporcional a la potencia de percusión (producto de la energía de impacto por la frecuencia de golpes). En cambio, la rotación y el empuje son meras acciones auxiliares que, siempre y cuando se superen unos valores mínimos necesarios para espaciar convenientemente los puntos de incidencia de los impactos y mantener el útil de perforación en contacto con la roca, influyen relativamente poco en la velocidad de perforación (5).

El martillo es el elemento que proporciona la percusión mediante el movimiento alternativo de una pieza de choque, que es el pistón, que sucesivamente golpea sobre el utillaje de perforación. El pistón puede ser accionado por aire comprimido (perforación neumática) ó por aceite hidráulico (perforación hidráulica) (5).

- **Potencia de percusión**

Dado que la única forma técnicamente aceptable de valorar un martillo perforador es su potencia de percusión y su eficiencia, es conveniente describir y analizar los aspectos que definen esta potencia, las distintas formas que existen de medirla y los parámetros de los que depende (5).

- **El cálculo de la energía de impacto “E”**

Podría hacerse de dos formas. Una primera sería haciendo el cálculo del trabajo realizado sobre el pistón mediante la siguiente expresión (5).

$$E_1 = P_m * A$$

Siendo:

P_m = Presión media efectiva del fluido.

A = Área de trabajo del pistón.

L = Carrera.

Otra forma de hacerlo, que descontaría las pérdidas por rozamiento, sería mediante el cálculo de la energía cinética del pistón al final de su carrera”: (5)

$$E_2 = \frac{1}{2} * M * V^2$$

Siendo:

M =Masa del pistón.

V = Velocidad del pistón al final de la carrera.

Generalmente, es bastante aproximado suponer que: (5)

$$E_2 = K E_1, (K < 1)$$

Esta proporcionalidad entre E_2 y E_1 permite, despejando V , escribir la siguiente proporcionalidad”: (5)

$$v \propto \sqrt{\frac{2 * P_m * A * L}{M}}$$

Por otra parte, existe también una proporcionalidad, función de las variables de diseño, entre la velocidad final del pistón V y el producto de la carrera por la frecuencia de impacto: (5)

$$V \propto (L * N)$$

Siendo:

N la Frecuencia de Impacto

De estas dos relaciones de proporcionalidad, se puede extraer una tercera para calcular la potencia de percusión: (5)

$$W \propto E * N \propto P_m * A * L * N \propto P_m * A * V$$

Esta relación indica que la presión del fluido de accionamiento y el área de trabajo del pistón son los parámetros que más inciden en la potencia de percusión del martillo. Las tres variables M, A y L son variables de diseño sobre las que el operador no puede actuar. Sin embargo, sí podrá hacerlo sobre la presión del fluido de accionamiento para obtener una gama de potencias de percusión, según requiera cada aplicación en concreto (5).

Existe aún una tercera forma de calcular la energía de impacto mediante el registro de los esfuerzos de compresión generados por la onda de choque que recorre el varillaje. Ello dará lugar a un registro como el que se representa en la figura 2, donde varios trenes de ondas, tanto incidentes como reflejadas, recorren el varillaje en ambos sentidos (5).

En la siguiente figura, se puede apreciarse por un lado la onda incidente que es lógicamente de compresión y también, un cierto tiempo después, la onda reflejada, que tiene dos partes: una primera de tracción que se corresponde con la penetración de la broca en el terreno y otra de compresión que es la reacción que produce la roca en el instante en que cesa esta penetración (5).

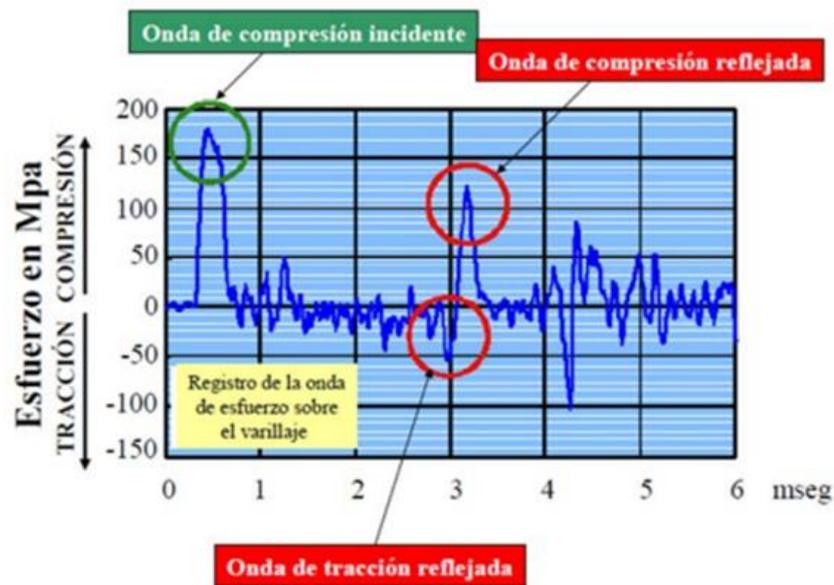


Figura 1 Esfuerzos sobre el varillaje
Tomada de Perforación y voladura de rocas en minería (5)

La energía de una onda puede calcularse mediante la fórmula

$$E_3 = \frac{S * c}{Y} \int_n^{t_2} * f^2 * dt$$

Donde:

S = Sección del varillaje.

c = Velocidad de propagación de la onda.

Y = Módulo de Young.

f = Esfuerzo unitario de compresión sobre el varillaje.

t = Tiempo

La diferencia de energía entre la onda incidente y la reflejada representa la energía transmitida a la roca (5).

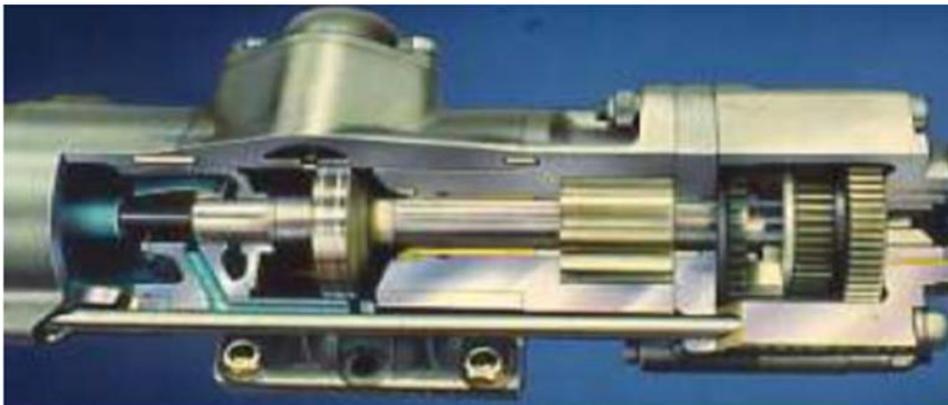
Naturalmente el valor E_3 correspondiente a la energía de la onda de compresión incidente y que se ha calculado de esta manera, sería inferior a los dos anteriores pues se habrían descontado las pérdidas de energía en el choque del pistón con el varillaje (5).

b) Perforación neumática

El fluido de accionamiento en el caso de la perforación neumática es aire comprimido a una determinada presión, normalmente de valores comprendidos entre 7 y 25 bar. Existen dos alternativas:

- **Perforadoras con martillo en cabeza**

Son perforadoras cuyo martillo está diseñado para trabajar mediante aire a 7 - 8 bar de presión máxima. Como consecuencia, y al objeto de disponer de una energía de impacto suficiente, el área de trabajo del pistón ha de ser grande (ténganse en cuenta que la energía de impacto viene dada por el producto de tres factores: presión efectiva, área y carrera del pistón). El perfil longitudinal del pistón tiene por tanto forma de T, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.



***Figura 2 Martillo neumático
Tomada de Perforación y voladura de rocas en minería (5)***

El martillo en cabeza, como puede verse indicado en la figura 3, incorpora también el mecanismo de rotación que a su vez puede ser independiente o no del de percusión en función de los tamaños y diseños. El empuje lo proporciona el motor de avance (neumático) que a su vez acciona una cadena a la que va enganchado el martillo y que de esta forma desliza sobre un bastidor denominado “corredera” o “deslizadera”. El conjunto generalmente queda montado sobre un chasis que sirve de portador para el resto de elementos que proporcionan todos los movimientos de posicionamiento y traslación (5).

- **Perforadoras con martillo en fondo**

Son perforadoras en las que, a diferencia de los martillos en cabeza, el elemento que proporciona la percusión o martillo va situado en el interior del taladro e incorpora únicamente el mecanismo de percusión (los elementos que proporcionan la rotación y el empuje son del todo independientes y están situados en superficie) (5).

El chasis y los restantes elementos son similares a los mencionados para las perforadoras de martillo en cabeza, e incluyen también el compresor y la cabina para el operador (5).

El martillo tiene forma cilíndrica y su mecanismo de percusión funciona de forma similar a como se muestra en la siguiente figura. La posición “a” muestra el inicio de la carrera ascendente del pistón. El aire a presión abre la válvula antirretorno situada en la parte superior del martillo y entra en el tubo central distribuidor (5),

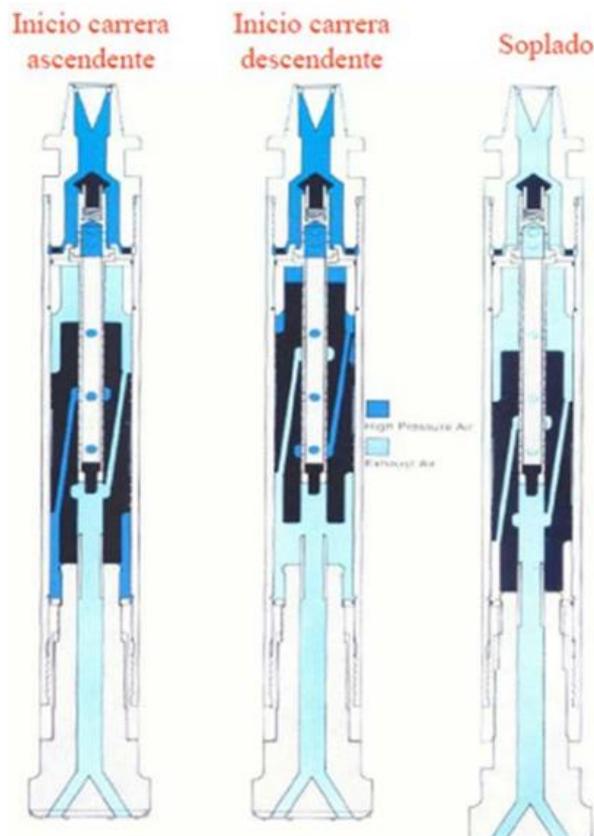


Figura 3 Funcionamiento del martillo en fondo
Tomada de Perforación y voladura de rocas en minería (5)

De las tres oquedades de salida de éste, sólo la central se encuentra abierta, de forma que el aire llega a la parte inferior del pistón a través de uno de los conductos internos del mismo y lo impulsa hacia arriba. En la posición “b” el pistón se encuentra en la parte superior y ahora es la oquedad inferior la única que se encuentra abierta. Así el aire llega a la parte superior del pistón a través del otro conducto y lo impulsa hacia abajo (5).

Por último, la posición “c” ilustra el caso en que el martillo no está perforando, en cuyo caso la broca no apoya sobre el terreno y tanto ella como el pistón se encuentran en una posición más baja. En estas circunstancias el aire sale por la lumbrera superior y, por el interior del pistón, se comunica con los orificios de barrido de la broca, realizando un soplado del barreno sin accionar el mecanismo de percusión del martillo, evitando así la percusión en vacío (5).

El hecho de situar el martillo en el fondo del taladro impone una serie de limitaciones geométricas, de las cuales quizá la más significativa es una importante reducción del área de trabajo del pistón. A modo de ejemplo, si para un diámetro de perforación de 104 mm el martillo en cabeza adecuado tiene de 150 a 200 mm de diámetro de pistón y un área de trabajo de 175 a 300 cm², el martillo en fondo correspondiente a ese diámetro de perforación apenas podría tener un pistón de 70 mm de diámetro y un área de trabajo 5-6 veces menor que la mencionada anteriormente (5).

Esto significa que la energía de impacto y la consecuente potencia de percusión de un martillo en fondo son, en general, inferiores a la disponible con un martillo en cabeza para igual diámetro de perforación. De esta forma, la única manera de compensar esta desventaja que supone la pequeña área de trabajo del martillo en fondo, es diseñar estos martillos de modo que sean capaces de utilizar aire a media (10 - 14 bar) ó alta presión (17 - 25 bar) (5).

Las restricciones que impone el martillo en fondo, en cuanto al diámetro de pistón, son mayores en los pequeños diámetros de perforación. Por ello puede afirmarse que los martillos en fondo de mayor diámetro son más efectivos que los de pequeño diámetro. Igualmente puede decirse que para diámetros de

perforación inferiores a 80 mm no existen martillos en fondo con un rendimiento aceptable. Sin embargo, no todo son desventajas para el martillo de fondo (5).

Este sistema tiene también importantes ventajas en comparación con el martillo de cabeza neumático, como son: (5)

- ✓ Velocidad de perforación prácticamente constante e independiente de la profundidad. Sin embargo, con el martillo en cabeza se pierde aproximadamente entre un 5 y un 10% de la energía disponible en cada varilla, de forma que la velocidad de perforación va disminuyendo con la profundidad en igual proporción (5).
- ✓ Mejor aprovechamiento de la energía neumática al aprovechar el escape del martillo como aire de barrido para la evacuación del detritus (5).
- ✓ Menor nivel de ruido (5).
- ✓ Menor fatiga en las varillas de la sarta de perforación (5).
- ✓ Menores desviaciones (5).

- **Perforación hidráulica**

Las perforadoras de martillo en cabeza hidráulico (no existen en la actualidad martillos en fondo hidráulicos), funcionan con aceite hidráulico a 100-250 bar de presión. Esta presión, que es de 15 a 35 veces superior a la del aire que alimenta los martillos neumáticos, permite en los martillos hidráulicos que el área de trabajo del pistón sea muy pequeña y prácticamente reducida a un insignificante resalte del mismo, por lo que adquiere un perfil longitudinal casi rectangular y muy estilizado tal como se muestra en la siguiente figura.

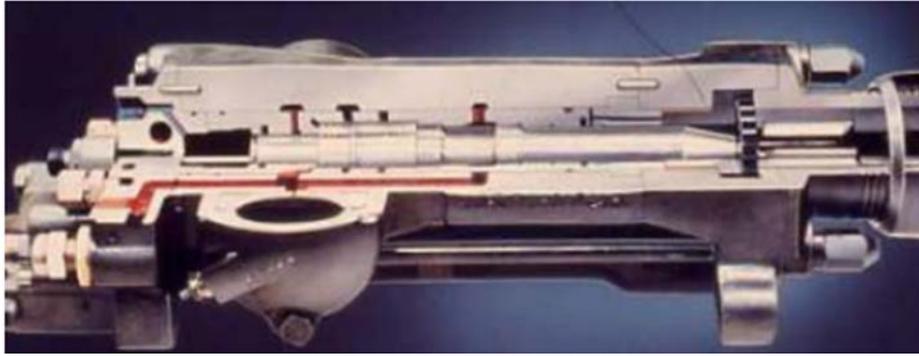


Figura 4 Martillo hidráulico
Tomada de Perforación y voladura de rocas en minería (5)

Este pistón, por su forma geométrica distinta de la de un pistón de martillo neumático, genera una onda de tensión sobre el varillaje también diferente. Se trata (como se aprecia en la figura de una onda de forma escalonada y de período $2L/c$, cuyo primer escalón en los martillos hidráulicos tiene una forma prácticamente rectangular, mientras que en los neumáticos presenta un pico, originado justamente por la parte más ancha del pistón. Tal y como se indica en la misma figura, si se representara en ordenadas el cociente $Scf2/Y$ en vez de la magnitud f , se tendrían otras nuevas curvas similares a las anteriores y, de acuerdo con la expresión de la energía de impacto, ésta vendría representada por el área comprendida entre estas nuevas curvas y el eje de abscisas. De la simple observación de la figura se deduce que, con un martillo hidráulico, puede conseguirse una mayor energía de impacto, siendo el esfuerzo ejercido sobre el varillaje incluso algo menor (5).

De esta manera puede aplicarse de un 50 a un 100 % más de potencia de percusión sobre el varillaje sin incrementar la fatiga del mismo. Este aumento de potencia permite perforar más rápidamente o, lo que es más interesante aún, incrementar el diámetro de perforación con una sustancial mejora de la producción (5).

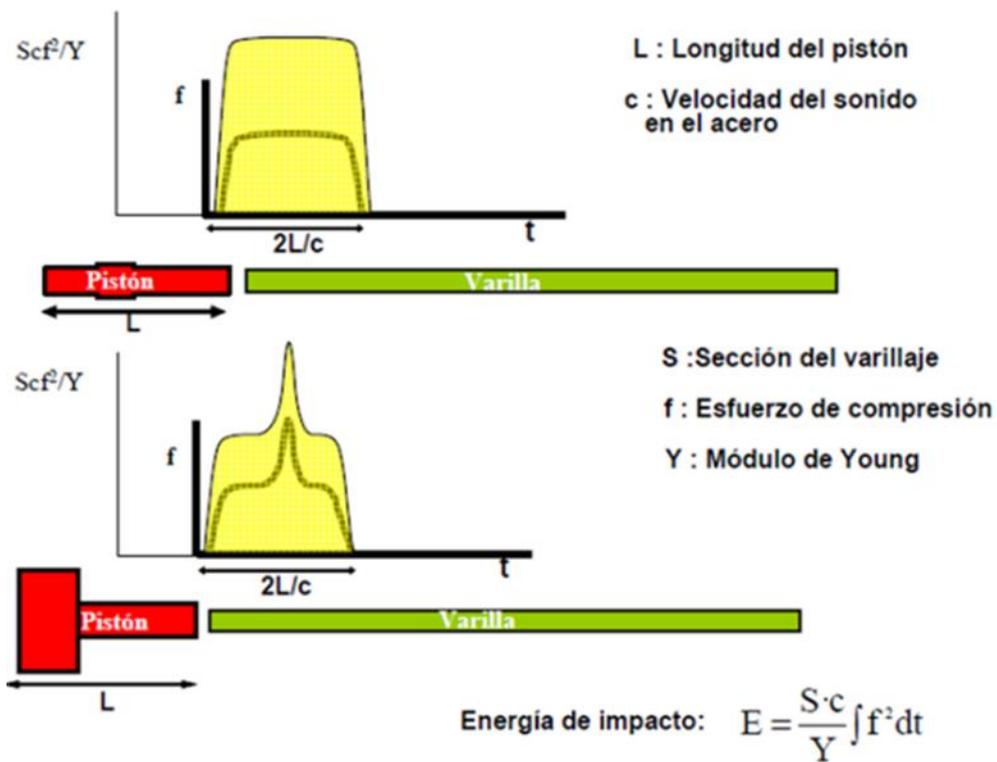


Figura 5 Comparación de la onda de compresión en diferentes martillos - hidráulico y neumático
Tomada de Perforación y voladura de rocas en minería (5)

En la siguiente tabla se indican las potencias de percusión aplicables normalmente a los distintos varillajes, según se trate de martillos neumáticos o hidráulicos (5).

Tabla 2. Potencia de percusión en función del diámetro de varillaje

Díámetro varillaje	Martillo neumático	Martillo hidráulico
7/8"	3 kW	5 kW
1" Hex	6 kW	9 kW
1 ¼"	8 kW	12 kW
1 ½"	10 kW	15 kW
1 ¾"	12 kW	18 kW
2"	15 kW	22 kW

Tomada de Perforación y voladura de rocas en minería (5)

Sin embargo, cabe aún señalar que, con los últimos equipos hidráulicos, cuyo alto grado de automatización permite un riguroso control de todos los parámetros de perforación (empuje, rotación, etc.), las potencias de percusión aplicables son incluso superiores a las indicadas en esta tabla (5).

La perforación hidráulica presenta además otras ventajas sobre la neumática, como son: (5)

- ✓ Menor consumo energético. A modo de ejemplo, cabe señalar que una perforadora hidráulica de exterior, con doble potencia que una neumática, puede tener aún hasta un 25 % menos de potencia instalada debido al mejor rendimiento de los equipos hidráulicos en comparación con los neumáticos (5).
- ✓ Mejora de las condiciones ambientales, pues al desaparecer el escape de los martillos neumáticos, se reduce el nivel de ruido, especialmente en las bandas de baja frecuencia, que son las menos amortiguadas por los protectores auditivos (5).
- ✓ Permite un mayor grado de automatización de los equipos. El carácter de fluido incompresible que tiene el aceite le permite, a diferencia de lo que sucede con el aire, detectar cualquier cambio de las condiciones de trabajo como puede ser, por ejemplo, el inicio de un atranque. Esta circunstancia se reflejará inmediatamente en un incremento del par resistente y esto, a su vez, en un aumento de presión en el circuito hidráulico que gobierna la rotación, lo que permitirá diseñar un sistema automático antiatranque (5).

2.2.2 Optimización de la vida útil

La optimización de la vida útil de un recurso material se logra mejorando las condiciones habituales a la que está sometida. Un sistema de perforación de rocas está compuesto por la roca, la perforadora y las herramientas de perforación (4).

El más amplio y profundo conocimiento de las características y el comportamiento de cada uno de estos elementos ayudará a alcanzar una mayor de vida de útil de las herramientas de perforación de rocas (4).

El aumento de la vida útil de las herramientas de perforación de rocas significará más metros perforados, y por lo tanto un ahorro en el costo de perforación (4).

a) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión, es la medida que define la presión al que se puede someter una muestra de roca hasta que se rompa (4).

Se utiliza con frecuencia el indicador de perforabilidad de la roca, en términos generales se puede decir que la perforabilidad de una roca es inversamente proporcional a su resistencia a la compresión, es decir si en una roca con una resistencia a la compresión de 2000 bar, la velocidad de penetración es de 90cm/min, en una roca más blanda, por ejemplo, con una resistencia a la compresión de 1500 bar, la velocidad de penetración será: (4)

$$90 \cdot 2000 / 1500 = 120 \text{ cm/min (4)}$$

Cabe resaltar que:

La resistencia a la compresión es inversamente y proporcional a la resistencia de la compresión (4).

Tabla 3. Perforabilidad frente a resistencia a la compresión

Perforabilidad (cm/min)	Resistencia a la compresión (bar)
90	2000
120	1500
150	1000

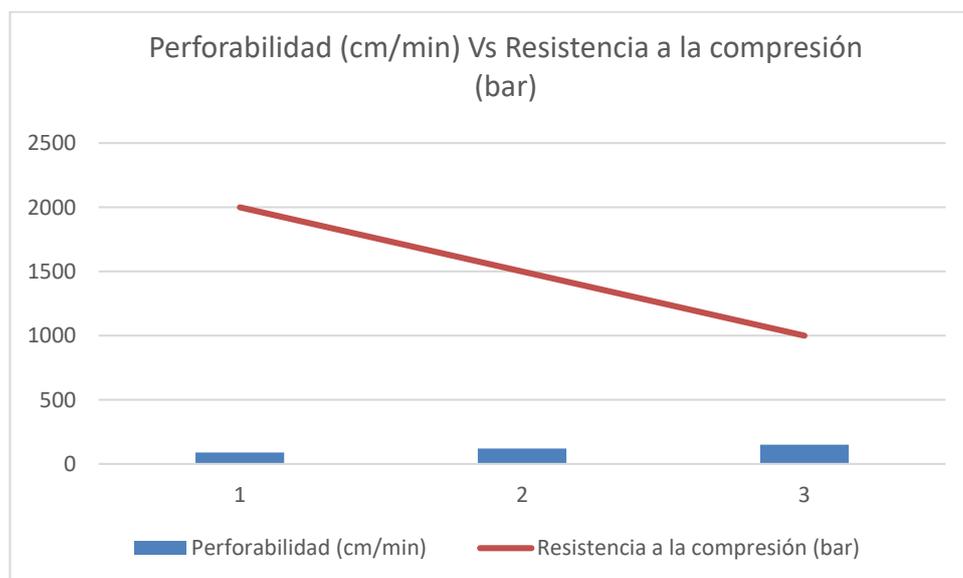


Figura 6. Perforabilidad (cm/min) frente a resistencia a la compresión (bar)

Como se puede observar en la figura la perforabilidad con respecto a la resistencia a la compresión, se encuentra en relación inversa.

Si la velocidad de penetración aumenta, la resistencia hace que disminuya, este análisis no va servir para hacer nuestro estudio de rendimiento de brocas en el área de perforación. Con frecuencia, resulta difícil definir un tipo de roca y su clasificación puede variar de un lugar a otro. No obstante, se hará una evolución práctica del día a día de trabajo y según las teorías de macizo rocosos de la perforabilidad de la roca obtenido de mineral tamaño de grano y estructura (4).

2.2.3 Vida útil de los aceros de perforación

La vida útil de los aceros y la duración de los aceros de perforación depende de numerosos factores, por lo que, no pueden darse cifras exactas. al determinar la vida práctica en servicio en un lugar de trabajo determinado, hay que tener en cuenta la fiabilidad de funcionamiento y la seguridad, lo que implica que hay que reemplazar los útiles de perforación antes de que se rompan y perturben la producción (4).

La vida útil de un acero de perforación es el tiempo en el cual la herramienta puede operar con eficiencia, es dada por el fabricante y depende del material con el que ha sido elaborada (4).

El desgaste de los aceros de perforación es un proceso en el que se reduce la vida útil, debido al tipo de herramienta (configuración), a la roca y los esfuerzos aplicados sobre ellos (4).

El desgaste de los aceros se debe principalmente a los siguientes factores.

- ✓ Minerales en la roca; incluyendo su dureza, tamaño, matriz (4).
- ✓ Resistencia, dureza, abrasividad de la roca (4).
- ✓ Profundidad y velocidad de corte o perforación (4).
- ✓ Existencia de fuerzas de impacto en las herramientas (perforación en roca fisurada) "al vacío" o condiciones cambiantes (4).
- ✓ Tipo de corte o perforación (percusión, "rasgado", rotación) (4).
- ✓ Presencia de enfriadores entre la roca y la herramienta (4).

- ✓ Sistema eficiente de remoción y evacuación de detritus (4).
- ✓ Calidad del metal de la herramienta (resistencia, dureza) (4).

2.2.4 Perforaciones de las rocas

Para realizar la rotura del macizo rocoso y perforar los taladros se obedece a tres principios fundamentales, combinando acciones de percusión, rotación, empuje y barrido. Los principios de perforación con equipo jumbo, son los siguientes: (4)

a) Percusión

Según López (2015), los impactos producidos por el golpeo del pistón del martillo perforador, originan unas ondas de choque que se transmiten a la boca directamente a través del varillaje en el martillo en cabeza, o directamente sobre el tallante en la perforación con martillo en fondo (4).

Cuando la onda de choque alcanza la boca de perforación, una parte de la energía se transforma en trabajo haciendo penetrar el útil y el resto se refleja y retrocede a través del varillaje (4).

La eficiencia de esta transmisión es difícil de evaluar, pues depende de muchos factores, tales como: el tipo de roca, la forma y dimensión del pistón, las características del varillaje, el diseño de la broca, etc. (4)

Además, hay que tener en cuenta que en los puntos de unión de las varillas existen pérdidas de energía por reflexiones y rozamientos que se transforman en calor y desgastes en las roscas (4).

La potencia de percusión es uno de los parámetros que más influye en la velocidad de penetración. Debido a que energía liberada por golpe en un martillo se transfiere desde la perforadora hasta la broca de perforación y en su recorrido este se reduce, esta energía se puede estimarse a partir de la siguiente formula (4).

$$E_c = 0.5 * m_p * v_p^2$$

$$E_c = p_m \times A_p \times l_p$$

Donde:

E_c = Energía por golpe.

m_p = Masa del pistón.

v_p = Velocidad máxima del pistón.

p_m = Presión del fluido transmisor de la energía dentro del cilindro

A_p = Superficie de la cara del pistón

l_p = Carrera del pistón

La potencia de un martillo es pues la energía por golpe multiplicada por la frecuencia de impactos: (4)

$$P_m = E_c \times n_g$$

Donde:

n_g = Frecuencia de impactos.

El mecanismo de percusión consume de un 80 a un 85 % la potencia total del equipo (4).

b) Rotación

Según López (2015) “La rotación, que hace girar la broca entre impactos sucesivos, tiene como misión hacer que ésta actúe sobre puntos distintos de la roca en el fondo del barreno”. (4)

En cada tipo de roca existe una velocidad óptima de rotación para la cual se producen los detritus de mayor tamaño al aprovechar la superficie libre del hueco que se crea en cada impacto” (4).

Ahora bien, cuando se perfora con brocas de pastillas, las velocidades de rotación oscilan a menudo entre 80 y 150 r.p.m. con ángulos entre indentaciones de 10° a 20°. En el caso de bocas de botones de 51 a 89 mm, las velocidades deben ser más bajas, entre 40 y 60 RPM; que proporcionan ángulos de giro entre 5° y 7°. Las brocas de mayor diámetro requieren velocidades incluso inferiores”. (4)

c) Empuje.

Según López (2015): “La energía generada por el mecanismo de impactos del martillo debe transmitirse a la roca, por lo que es necesario que la broca se encuentre en contacto permanente con el fondo del barreno” (4).

Esto se consigue con la fuerza de empuje suministrada por un motor o cilindro de avance, que debe adecuarse al tipo de roca y broca de perforación. Un empuje insuficiente tiene los siguientes efectos negativos: (4)

- ✓ Reduce la velocidad de penetración
- ✓ Produce un mayor desgaste de varillas y manguitos
- ✓ Aumenta la pérdida de apriete del varillaje y el calentamiento del mismo.

Por el contrario, si el empuje es excesivo:

- ✓ Disminuye también la velocidad de perforación
- ✓ Dificulta el desenroscado del varillaje
- ✓ Aumenta el desgaste de las brocas, el par de rotación y las vibraciones del equipo (4).
- ✓ Así como la desviación de los barrenos.
- ✓ Al igual que ocurre con la rotación, esta variable no influye de forma decisiva sobre las velocidades de penetración (4).
- ✓ A medida que el empuje aumenta la velocidad de penetración, pero si se supera un cierto valor, lo que hace es disminuirla, al frenar la rotación y dificultar el barrido (4).
- ✓ Por lo tanto, el buen rendimiento de perforación no consiste en aumentar el rendimiento unitario de cada uno de estos factores, sino en la búsqueda del punto de equilibrio entre los tres que permita alcanzar la mayor velocidad de penetración (4).

d) Barrido

Según López (2015): “El barrido, para que la perforación resulte eficaz, es necesario que el fondo de los barrenos se mantenga constantemente limpio evacuando los detritus justos después de su formación”(4).

El barrido de los barrenos se realiza con un fluido que se inyecta a presión hacia el fondo a través de un orificio central del varillaje y de unas aberturas practicadas en las brocas de perforación (4).

Las partículas se evacuan por el hueco anular comprendido entre el varillaje y la pared de los barrenos. El barrido con agua es el sistema más utilizado en perforación subterránea, que sirve, además, para suprimir el polvo, aunque supone generalmente una pérdida de rendimiento del orden del 10% al 20 % (4).

2.2.5 Brocas de botón

Según Gonzales (2016), las brocas roscadas de botones se fabrican en tamaños de 35 mm en adelante el diseño de la broca varía dependiendo del diámetro y de la aplicación a que va destinada, en las brocas del tipo normal los botones frontales y diametrales tienen generalmente las mismas dimensiones (4).

Estas brocas están concebidas para formaciones de roca moderadamente abrasivas. Las brocas es el componente del varillaje que realiza el trabajo de trituración, el frente de la broca está provisto de botones o plaquitas de carburo cementado (4).

- **Tope en el fondo de la broca**

Según Gonzales (2016): “Las brocas tienen generalmente una rosca hembra en cuya base hay un tope que transmite energía desde el extremo de la barra al frente de la broca, algunas brocas tienen una rosca macho (4).

- **Orificio de barrido**

Según Gonzales (2016): “el agente de barrido se suministra a través del orificio de barrido de la barra y se distribuye por los orificios de barrido frontales o laterales de la broca”. (4)

- **Ranuras para la evacuación del detritus**

Según Gonzales (2016): “el frente de la broca debe tener espacio para evacuar el detritus del fondo del barreno por este motivo. Dicho frente va provisto de unas ranuras fresadas por donde pasa el detritus y sale del barreno” (4).

- **Holgura (conicidad)**

Según Gonzales (2016), para la perforación se pueda realizar de forma eficaz, la broca debe tener su mayor diámetro en el frente, lo cual contiene cierta holgura o conicidad detrás del citado frente (4).

- **Brocas reforzadas HD**

Según Gonzales (2016): “en estas brocas, los botones diametrales son más grandes que los frontales lo cual las hace apropiada para usar en las formaciones de roca que producen un fuerte desgaste diametral – periférico” (4).

- **Brocas retractiles**

Según Gonzales (2016): “tienen un cuerpo largo, cuyo diámetro es solo un poco menor que el del frente de la broca confiere a esta un buen efecto de guía. Lo que contribuye a conseguir unos barrenos más rectos”. “Así mismo los filos de corte dirigidos hacia atrás permiten perforar en esta dirección, lo cual ayuda a extraer el tren de varillaje si se produce un hundimiento parcial de las paredes del barreno detrás de la broca. Para una evacuación eficaz del detritus hay unas grandes ranuras en toda la longitud del cuerpo de la broca” (4).

- **Brocas guías**

Según Gonzales (2016), estas brocas están diseñadas especialmente para obtener los barrenos más rectos posibles, los insertos periféricos tipo bisel junto con el largo cuerpo de la broca, permiten perforar unos barrenos aceptablemente más rectos incluso en formaciones de rocas extremadamente difíciles de perforar (4).

- **Botones cónicos**

Según Gonzales (2016): “las brocas roscadas con botones cónicos resultan adecuadas para perforar en formaciones de roca blanda que producen poco o ningún desgaste, la forma cónica de los botones el hecho de sobre salir más del cuerpo de la broca, ofrece una mayor velocidad de penetración con respecto a los botones esféricos” (4).

2.2.6 Barrenos

a) Barra Sandvik

Según López (1995), las barras Sandvik cuentan con una amplia gama de modelos para distintos diámetros de broca. La perforadora DX700 usa barras T 45, la DX680 T45 y T51 (4).

b) Barra Boart Longyear

Según López (1995): “ en la barra Boart Longyear, los diámetros estándar para sección redonda son: 29 mm - 33 mm - 46 mm -52 mm - 70 mm. Las barras de extensión cuentan con rosca hembra 1 macho en cada extremo para evitar la utilización de acoples y alargar la vida del acero” (4).

2.2.7 Cuidados y mantenimiento

a) Desgaste del carburo cementado

Según Orcon C. A. (2014), el carburo cementado de las plaquitas y botones se ve sometido al desgaste durante la perforación, la mayor parte del desgaste se produce por la abrasión al girar la broca contra el fondo y las paredes del barreno (4).

Si el desgaste llega a ser excesivo, disminuirá la velocidad de penetración y tanto el carburo cementado como los demás componentes de la columna del varillaje estarán sometidos a una fatiga anormalmente alta, por este motivo es necesario afilar el carburo cementado a intervalos regulares para restablecer su forma original cada tipo de roca produce un tipo y grado de desgaste diferente (4).

b) Desgaste frontal

Según Orcon C. A. (2014): “se produce cuando se perfora en roca dura como el granito o gneis, la altura del carburo cementado disminuye a medida que avanza el desgaste de los insertos adquieren un aspecto plano que el caso de las brocas de plaquitas se propaga hacia los extremos debido a la mayor distancia de rotación que se cubre en la periferia, en las brocas de botones, los botones diametrales se desgastan más que los botones centrales” (4).

c) Desgaste diametral

Según Orcon C. A. (2014), este tipo de desgaste se produce en las rocas en un alto contenido de cuarzo, el carburo cementado de la periferia de la broca experimenta un desgaste anormalmente alto y se forma un contra cono lo cual hace lo que disminuya el ángulo de conicidad de la broca, la piel de serpiente se forma en las rocas que producen en el carburo cementado, la superficie del carburo cementado se fatiga y se forman unas micro fisuras especialmente en los extremos de los insertos con un gran parecido a la piel de serpiente (4).

Las micro fisuras se deben eliminar tan pronto como se descubren ya que de lo contrario se harán más profundas y finalmente se darán lugar a que se desprendan fragmentos de carburo cementado, en algunos tipos de roca no se produce ningún desgaste visible no obstante aun estos casos se debe afilar el carburo cementado para impedir que se origine daños por fatiga en tales circunstancias se recomienda un intervalo de 300 metros para botones y 150 metros para plaquitas (4).

d) Intervalo de afilado

Según Orcon C. A. (2014), las brocas de botones se deben afilar solo si la velocidad de penetración disminuye considerablemente o si el carburo cementado comienza a mostrar señales de daño, las brocas de pequeños diámetros de botones en especial las que se utilizan las que se utilizan con perforadoras hidráulicas no requieren por lo general ningún tipo de afilado. No obstante, puede resultar beneficioso afilar las de mayor tamaño (4).

La velocidad de penetración disminuye normalmente cuando los botones presentan un desgaste frontal equivalente a la mitad de su diámetro Sin embargo el afilado será más fácil, más rápido y económico si los botones si los botones se afilan cuando el desgaste alcanza un tercio de su diámetro (4).

Las brocas de plaquitas se deben afilar cuando el filo de corte tenga una anchura de 3 mm, medido a 5 mm del extremo de la broca, la mejor forma de comprobarlo es utilizar una plantilla o calibre de afilado (4).

Los botones de carburo cementado se deben afilar hasta restablecer su forma original la forma más sencilla de hacerlo es utilizar una muela de copa recubierta con diamantes sintéticos, si fuese necesario rebajar el acero frente de la broca antes de afilar los botones se pueden unas muelas especiales para esta aplicación también existen muelas de afilar que hacen ambos trabajos (4).

2.2.8 Costo de perforación

Según Orcon C. A. (2014), el costo de perforación es un costo directo que intervienen directamente en las operaciones de mina, es un costo variable, que depende de la producción de toneladas de mineral el costo de perforación se mide el total de costo unitario de las columnas de perforación entre las toneladas producidas de mineral (\$/t) (4)

“El costo unitario de perforación se calcula, la cantidad total de costo unitario de perforación entre los metros perforados por las columnas de perforación”. (4)

“El KPI del costo de perforación viene hacer (\$/m), por lo tanto, el costo de perforación es un costo variable y directo”. (4)

2.3 Definición de términos básicos

✓ Acoplamiento de rotación

Este elemento es el que transmite la rotación desde la cabeza hasta las demás partes que se encuentran debajo (5)

✓ Barra

Su función es transmitir el empuje hacia la cabeza, su longitud depende de la longitud del barrenado que se quiere utilizar. Otra función es inyectar el aire comprimido necesario para la limpieza del taladro (detritus) y enfriar los cojinetes, los cuales están elaborados de aceros ente 25 a 38 milímetros (5)

✓ Estabilizador

Su función es hacer que el tricono gire correctamente e impida oscilación y pandeo de la barra de perforación. Las ventajas de utilizar este compuesto son: menor desviación del barrenado, mayor vida útil del tricono y aumento de la velocidad de penetración, menor desgaste de los faldones de insertos y cojinetes,

mayor estabilidad de las paredes del barreno por no sufrir un pandeo la barra y un adecuado confinamiento del explosivo, por ende, mayor eficiencia en la voladura (6)

✓ **Perforación direccional**

Método de perforación utilizando estabilizadores y cuñas para dirigir la orientación del hoyo (6).

✓ **Perforadora:**

Equipo para perforar las rocas formando agujeros de diámetro pequeño destinados a la detonación o a la instalación de pernos de anclaje para la roca (6).

✓ **Perforación giratoria**

Máquina que perfora hoyos girando un calibrador tubular y rígido de varillas cilíndricas, el cual está conectado a una broca. Usualmente, es utilizada para perforar barrenos de diámetro grande en las minas a cielo abierto (6).

✓ **Perforación específica o factor de perforación (m/m³)**

Es la expresión usada para el número de metros que deben ser perforados por m³ de roca volada (6).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Métodos y alcances de la investigación

3.1.1 Método general

Según Hernández et al. “la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (7).

El método general que se empleara en la investigación es el científico, debido que se orientara bajo procedimientos sistematizados y ordenados con el objetivo de aplicar los conocimientos básicos para dar solución al problema planteado por la investigación.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido que se emplearán conocimientos obtenidos de las investigaciones básicas, estos conocimientos servirán para dar solución al problema planteado.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo - correlacional, ya que el propósito radica en relacionar los resultados de la evaluación de los aceros de perforación lo cual nos permite determinar el consumo mensual de los aceros que se emplearan en las labores de avance.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental y de corte longitudinal, sustentado por el hecho de que la variable independiente no sufrirá una manipulación para relacionar con la variable dependiente

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La muestra censal está conformada por:

✓ Labores de avance:

Actualmente se vienen ejecutando entre 6 – 7 labores, de las cuales tenemos la CR 2860 SE; RP 0300; ESCM 8435; BP 8325 Y CR SE-1, como avances lineales y el TJ 6420; TJ 6520 Y EL TJ 6625 en producción unidad minera SOTRAMI S.A.

3.3.2 Muestra

La muestra censal está conformada por:

✓ Labores de avance

Actualmente se vienen ejecutando entre 6 – 7 labores, de las cuales tenemos la CR 2860 SE; RP 0300; ESCM 8435; BP 8325 Y CR SE-1, como avances lineales y el TJ 6420; TJ 6520 Y EL TJ 6625 en producción unidad minera SOTRAMI S.A.

3.4 Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1 Técnicas de investigación

- ✓ Observación
- ✓ Encuesta
- ✓ Entrevista
- ✓ Revisión bibliográfica

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- ✓ Ficha de observación
- ✓ Ficha de encuesta
- ✓ Entrevista Personalizada
- ✓ Libros, Revistas, decreto supremo, entre otros

3.5 Técnicas de procesamiento de datos

- ✓ Excel
- ✓ Word

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

a) Datos generales

La unidad minera Santa Filomena se encuentra ubicada políticamente en:

- ✓ Región: Ayacucho
- ✓ Provincia: Lucanas
- ✓ Distrito: Sancos
- ✓ Centro Poblado: Santa Filomena

✓ Ubicación geográfica

El proyecto Santa Filomena comprende dos concesiones mineras

- ✓ Concesión Santa Filomena, que abarca una superficie de 1000 hectáreas
- ✓ Concesión Victoria 100 con una extensión de 374.47 hectáreas
- ✓ Altitud promedio de las concesiones: 2400 m s. n. m.

Tabla 4. Coordenadas UTM. DATUM WGS-84 concesión minera Santa Filomena

Vértice	Coordenada norte	Coordenada este
1	8303000	576000
2	8303000	579000
3	8304000	579000
4	8304000	571000
5	8301000	571000
6	8301000	578000
7	8302000	578000
8	8302000	576000

Tabla 5. Coordenadas UTM. DATUM WGS-84 concesión minera Victoria 100

Vértice	Coordenada norte	Coordenada este
1	8301314.75	580349.95
2	8300190.73	579358.31
3	8301843.54	577484.97
4	8302967.55	578476.60

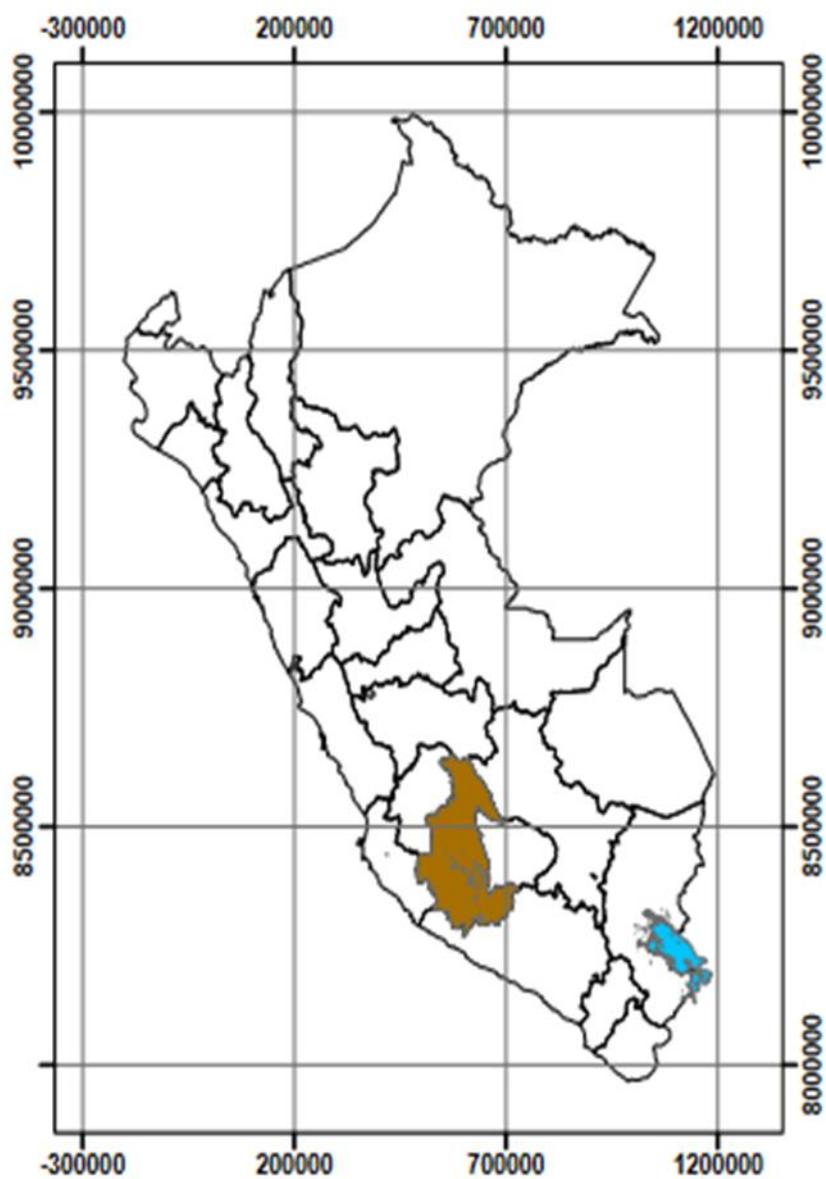


Figura 7. Plano de ubicación regional de la unidad minera Santa Filomena

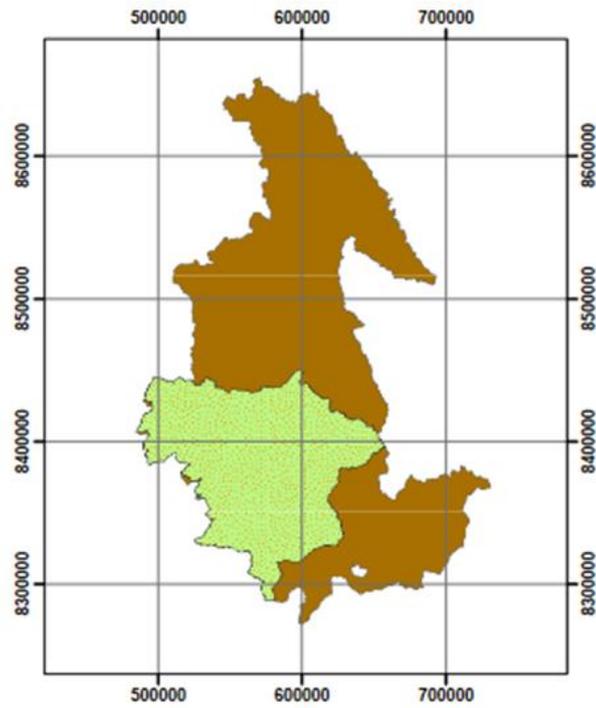


Figura 8 Plano de ubicación departamental de la unidad minera Santa Filomena

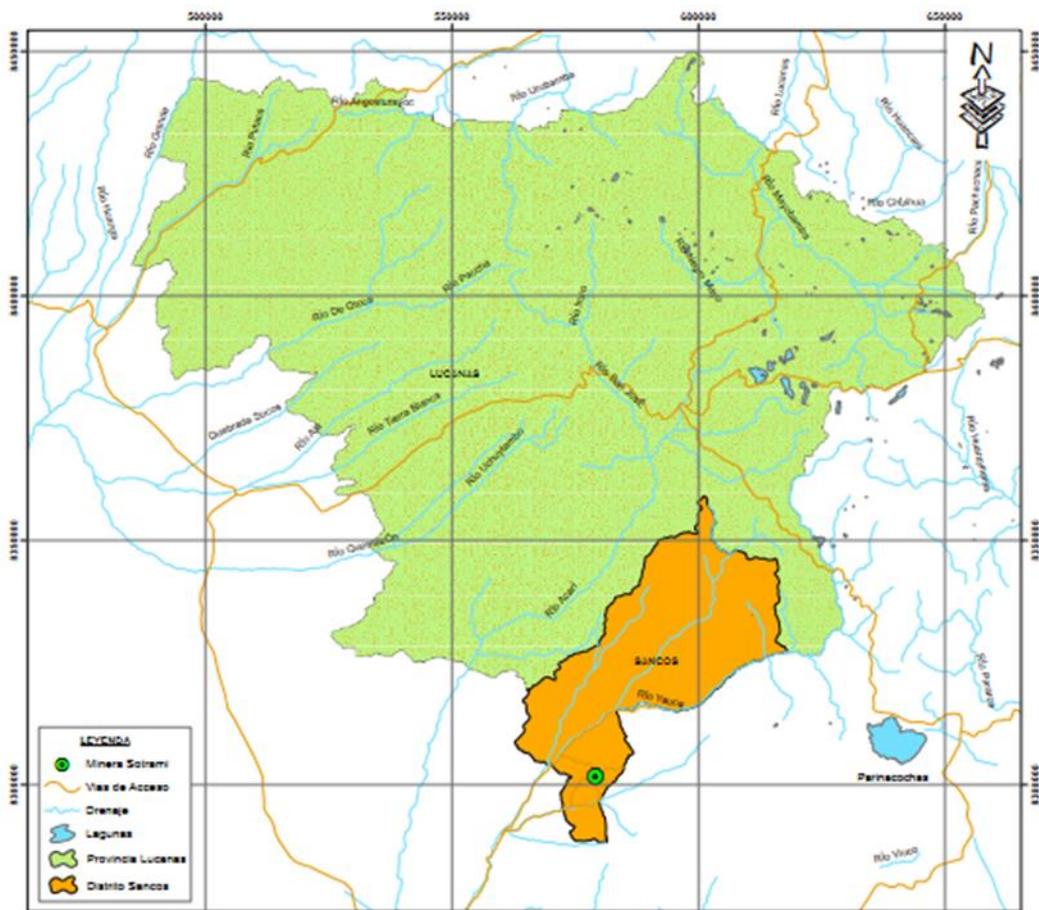


Figura 9 Plano de ubicación distrital de la unidad minera Santa Filomena

✓ Accesibilidad

El acceso a la unidad Santa Filomena, referenciando a la capital del Perú, es de 9:30 horas, las principales vías de acceso se detallan a continuación

Tabla 6. Acceso vía terrestre unidad minera Santa Filomena

Tramo	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
Lima - Yauca	680 km	Asfaltada	8.0 horas
Yauca - Jaquí	25 km	Asfaltada	0.3 horas
Jaquí - Laytaruma	12 km	Afirmada	0.2 horas
Laytaruma - Filomena	13Km	Afirmada	1.0 horas
Total	730 km		9.5 horas

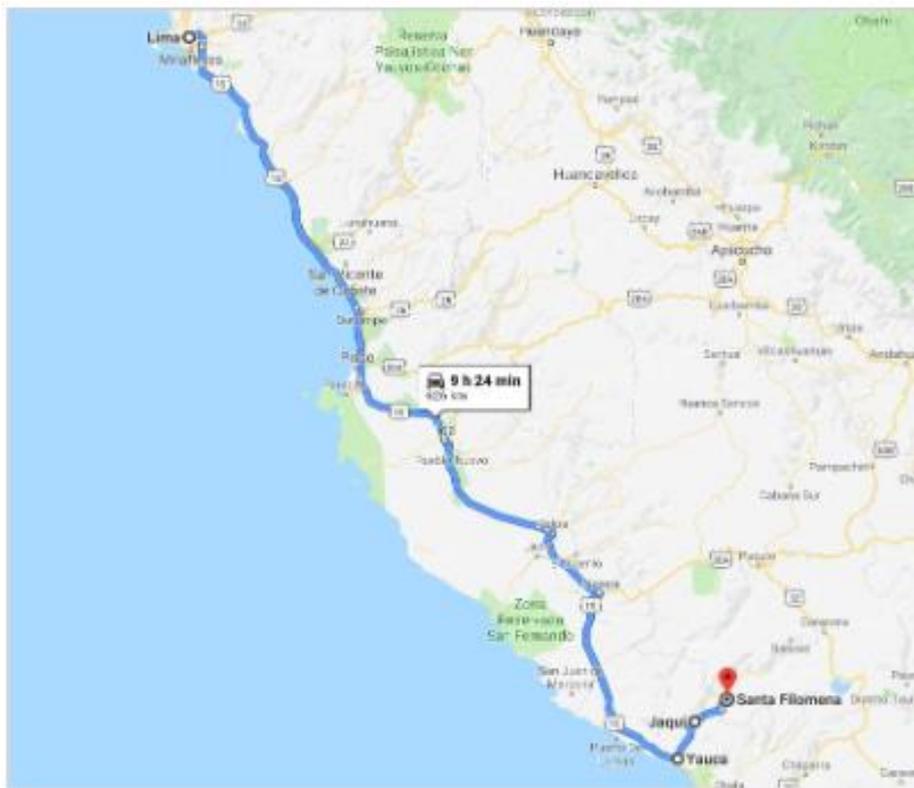


Figura 10. Ruta de accesibilidad a la unidad minera Santa Filomena

b) Geología regional de la unidad minera

El batolito de la costa está constituido por cientos de plutones individuales, agrupados en un número limitado de súper-unidades (Pitcher, 1974) (8).

Geográficamente, está dividido a lo largo del eje del batolito en 5 grandes segmentos, caracterizado cada súper-unidad por un ensamble litológico particular

(Cobbing et al., 1977); el segmento de mayor longitud es el de Arequipa con 900 km de largo, el orden de emplazamiento de los plutones en el segmento de Arequipa está dada de la siguiente manera: (1) gabros tempranos y dioritas, (2) súper-unidad Linga (Stewart, 1968), (3) súper-unidad Pampahuasi el nombre corresponde a una localidad al este de Ica, (4) súper-unidad Incahuasi, localidad al norte de pisco, (5) súper-unidad Tiabaya (Jenks, 1948; Jenks y Harris, 1953). Todas estas ocurrencias intrusivas están enmarcadas dentro de un conjunto de súper unidades que describiremos a continuación (8).

✓ **Complejo Bella Unión**

La litología es muy variada dentro del complejo Bella Unión, se caracteriza por ser una brecha de intrusión de naturaleza andesítica o dacítica, en bloques angulosos y subangulosos, también se observan otros cuerpos de composición básica, como diabasa porfirítica gris verdosas, este complejo está cortado por diques de andesita porfirítica. Se extiende a lo largo de faja de dirección E-O a NO-SE, limitado por grandes lineamientos estructurales que posiblemente controlen su emplazamiento (8).

✓ **Dacita Molles**

Se conoce con este nombre a una dacita hipoabisales que aflora en el sector norte del cuadrángulo de Jaqui, a lo largo de una falla longitudinal NO (Andino) (8).

Estos afloramientos presentan una textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas y granos grandes de cuarzo en una matriz afanítica grisácea, la edad de emplazamiento entre 102 MA, hasta 80 MA (Cobing, 1979) (8).

✓ **Gabros**

Los gabros pertenecen a la superunidad Pataz y tienen una edad de emplazamiento de 107 Ma (Cobbing E. et al., 1977). Los segmentos de Arequipa y Lima son litológicamente bastante similares, caracterizados por gabros horbléndicos melanócratas con variaciones a otras 9 rocas de carácter básico como leucogabros y dioritas horbléndicas. Este tipo de rocas son observadas en afloramiento en áreas muy limitadas. Los contactos entre rocas similares se dan

gradaciones, por zonas de brecha miento por dioritas tardías, parches irregulares de pegmatitas horbléndicas en zonas de contacto. Otra característica son las zonas de intensa deformación (bandea miento), ocurrida en fases sin-plutónicas”.(8).

✓ **Superunidad Linga**

Esta superunidad se caracteriza por mostrar litología bastante distinguible como son gabros y dioritas con contenidos relativamente altos de feldespatos potásicos(8).

Las rocas monzoníticas agrupadas como la superunidad Linga, registran una edad de 97 M.A. y se asume responsable de la mineralización de Cu, Fe, Mo, (Cobbing, E. et al., 1977) (8).

La superunidad Linga fue descrita en detalle en la quebrada Linga en Arequipa (Stewart, 1968). Los mayores afloramientos del Linga están restringidos al flanco oeste del batolito (8).

✓ **Superunidad Pampahuasi**

El principal afloramiento de esta superunidad se ubica en la localidad de Ica - Pisco, está restringida al flanco oeste del batolito, con una extensión de 100 km de largo con rumbo andino y un ancho aproximado de 10 km, es cortado principalmente por la superunidad Tiabaya (N.D. Moore, R.A. Agar). Las rocas plutónicas dioríticas y tonalíticas, forman parte de la superunidad Pampahuasi y reportan una edad de 94 Ma (Cobbing E. et al., 1977) (8).

La litología predominante en esta súper – unidad está dada por las tonalitas y cuarzo dioritas. Los contactos entre estas diferentes facies son bastante irregulares sin poderse establecer una cronología relativa confiable (8).

✓ **Superunidad Incahuasi**

Esta superunidad está dividida en 5 unidades menores cuyo orden de emplazamiento es el siguiente: cuarzo-diorita, cuarzo-monzodiorita, granodiorita, pórfidos monzoníticos y Monzograníticas. Siendo la cuarzomonzodiorita y la

granodiorita las de mayor ocurrencia en volumen. La súper unidad Incahuasi tiene una edad de emplazamiento de 83 Ma (Moore et al., 1985). La súper -unidad Incahuasi presenta yacimientos de mineral siguiendo el trend andino, sin embargo, existe yacimientos de mineral asociados a fallas normales regionales de rumbo andino, esto indica que dichas fallas estuvieron activas durante el emplazamiento del Plutón (8).

Se observan 2 sistemas de diques que cortan al Incahuasi, una está relacionada a la súper-unidad Tiabaya, el segundo grupo al emplazamiento de magmas del Incahuasi, estos diques son oscuros y de grano fino probablemente de composición andesítica. La orientación de estas fracturas es de rumbo andino y normal al rumbo andino, indicando que fueron controladas por los mismos esfuerzos regionales que rigieron el emplazamiento de los plutones del Incahuasi (8).

✓ **Superunidad Tiabaya**

Esta súper-unidad es la más tardía y la de mayor ocurrencia en el segmento de Arequipa, dividiendo las superunidades Incahuasi al este y Linga en el flanco oeste del batolito. La superunidad Tiabaya tiene una edad de emplazamiento 81 M.A. (Moore et al., 1985) (8).

La composición de la superunidad Tiabaya varia del rango de tonalita a monzogranito, además se han observado algunos afloramientos de granodioritas (8).

✓ **Complejo Santa Rita**

Es un complejo de rocas producto del metamorfismo de contacto, desarrollado por la intrusión del Linga y Tiabaya afectando a rocas sedimentarias, volcánicas, micro gabros y dioritas precursoras, ubicada en sector occidental del cuadrángulo de Jaquí, entre los cerros Cauchete y el Morro (8).

En general, las rocas metamórficas son de color gris oscuro, los contactos intrusivos son verticales, encontrándose esquistos sillimaníticos, intrusivos gneisoides, hornfels volcánicos y sedimentarios, metasomatitas, dioritas

piroxénicas y microgabros hornféslicos. Los meta-volcánicos y meta-intrusivos tienen un aspecto lustroso, predominando dioritas piroxénicas, dioritas cuarcíferas y andesitas, cortados por pequeños plutones y diques andesíticos (8).

✓ **Intrusivos Cenozoicos**

En el cuadrángulo de Coracora y Chaparra, a lo largo de la zona plegada se extiende una alineación de stocks plutónicos, que por las características petrográficas no corresponden al batolito de la costa, siendo más jóvenes perteneciendo probablemente a un plutonismo Cenozoico. Dichos stocks están compuestos por cuerpos de gabro-diorita de color gris oscuro y tonalita-granodiorita. Estos cuerpos deben haberse emplazado entre fines del Cretácico y el meso-cenozoico (8).

c) Geología estructural

Las estructuras de la región están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino y las principales zonas estructurales se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido a su distinta naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, generando pliegues, fallas y diaclasas. En base a lo mencionado, la región se ha dividido de oeste a este en varias zonas con características estructurales propias, así tenemos: Zona de fallamiento en bloques, zona de emplazamiento del batolito, zona plegada, y zona poco deformada (8).

La unidad minera Santa Filomena se encuentra dentro de una zona del fallamiento en bloques, entre dos fallas de rumbo y de alcance regional, la falla Gliden al este y la falla Santa Rita al oeste generando un bloque, entre estas fallas se ubican las vetas que conforman la mina Santa Filomena. La falla Gliden según los sondajes diamantinos realizados presenta anchos de hasta 8.0 m, también se han observado diversos sistemas de fallas de orden local y están caracterizadas por fallas de rumbo N10°-30°W y buzamientos de 60°-75°NE, con anchos variables de hasta 1.0 m, a este grupo de fallas se les denomina fallas de primer orden. Existe otro grupo de fallas clasificadas de segundo orden, falla Enriqueta, Filomena, Ecuador y otras de rumbo N30°-60°E, que fueron desplazados por

reactivaciones de las fallas de primer orden, cuyos saltos se observan en campo desde 2 hasta 10 m y son de naturaleza sinistral y dextral (8).

Las vetas se manifiestan en estructuras bien definidas, sus afloramientos son de considerable longitud, llegando a manifestarse hasta en tramos de 1.50 km de forma continua. Las vetas son relleno de fallas y presentan reactivaciones, las mismas están controlados por dos (2) sistemas estructurales principales (8).

- ✓ Sistema E-W, formado por las vetas Filomena y Santa Rosa (vetas en producción) (8).
- ✓ Sistema Andino (NW): formado por las vetas Santa Rosa Ramal Piso, Torres, Rubí, Santa Ana, Bonita y demás estructuras mineralizadas (8).

d) Geología económica

Las vetas auríferas ubicadas en la zona están clasificadas genéticamente como vetas hidrotermales de cuarzo-oro, siendo el cuarzo el mineral principal, seguido por pirita, arsenopirita y oro nativo (8).

Las vetas muestran comúnmente zonas bandeadas crustificadas, con brechamientos puntuales con limitadas aureolas de alteración argílica, silicificación y propilitación de roca caja (8).

Las vetas contienen principalmente relleno de cuarzo hialino y en algunos casos porosos, es notoria la presencia de sílice tipo vuggy con óxidos de hierro(boxwork). Se tiene presencia de sulfuros en superficie que mayormente se encuentran lixiviados; los principales minerales observados son: pirita, calcopirita de forma puntual, bornita, covelita, cuarzo en tres generaciones (blanco, hialino y gris) (8).

- **Franja surífera Nasca-Ocoña**

La franja Nasca–Ocoña con mineralización oro-cobre-hierro comprende el segmento Arequipa del batolito de la costa (Pitcher et al. 1985), se localiza en la

costa sur media del Perú. Por la presencia de nuevos prospectos auríferos, dicha franja se extiende por el norte hasta Ica y por el sur hasta La Joya (Arequipa) (8).

Esta franja se ha explotado intermitentemente desde el siglo XVII, habiéndose ubicado a la fecha más de un centenar de depósitos de oro cuyas características son principalmente del tipo filoniano y de origen hidrotermal. Las ocurrencias son minadas por oro-plata- cobre (8).

Existen otros tipos de depósitos que corresponden a cuerpos irregulares, stock Work y disseminados, algunos con leyes de oro económicos que requieren mejores técnicas para su extracción (8).

Esta franja aurífera que recorre desde Ica hasta Chuquibamba/La Joya (Arequipa) está clasificada como una provincia metalogenética de oro. La franja se localiza en la vertiente del Pacífico de la cordillera occidental y comprende los departamentos de Ica, Arequipa y parte sur de Ayacucho. El oro como el elemento más importante se presenta como oro libre (zona NO y central de la franja); en menor proporción como Electrum (zona SE de la franja), y como solución sólida en la pirita (zona central y parte SE de la franja) (8).

- **Provincia de Au-(Cu) Mesotermal del batolito de la costa**

Esta provincia se localiza a lo largo del batolito de la costa, en la franja Palpa - Ocoña. Se caracteriza por tener mineralizaciones de cuarzo, pirita, con contenidos menores de calcopirita, galena, escalerita, calcita y en ocasiones specularita, magnetita, tetrahedrita, boulangerita y bournonita (Montreuil, 1979; 1987). Se tratan de vetas auríferas, sin embargo, hacia el sector Nazca-Palpa presentan además altos contenidos de Cu asociados a Au, lo que hace que algunas de estas estructuras puedan ser tratadas como vetas de Cu-Au mesotermal, como es el caso de Saramarca y Huarangillo (Injoque & Aranda, 2005) (8).

La profundización de estas vetas es lo más interesante, hacia Nazca-Palpa regularmente tienen entre 100 y 200 m. Más hacia el sur, en Chala, y Orión las vetas alcanzan 400 m de profundidad. En el sector de Caravelí, vetas como Ishihuinca, Calpa, Posco, San Juan de Chorunga, casi profundizan un kilómetro

con buena mineralización y ley (Montreuil, 1987). Aun no se tiene explicación a esta variación (8).

Este tipo de mineralización ha sido considerada siempre como típico del batolito de la costa y aunque se presenta asociado a casi todas sus superunidades, aparecen preferencialmente vinculados a las unidades félsicas: Tiabaya y Linga. (Injoque et al., 2002) (8).

Hasta donde se sabe estos dos tipos de asociaciones en el batolito de la costa (pórfidos y óxidos de Fe-Cu-Au) son incompatibles, puesto que los primeros ocurren asociados a procesos hipoabisales o subvolcánicas, en tanto los segundos tienden a ocurrir hacia los techos de la cubierta mesozoica en asociación de plutones a grandes fallas y con mezcla de fluidos magmáticos de cuenca y meteóricos (Haynes, 2002) (8).

Esto indica que las mineralizaciones meso termales de Au, por lo menos en el batolito de la costa ocurren a diferentes niveles y vinculadas a varios tipos de procesos mineralizadores mayores, combinando su potencial con el de estos procesos (Injoque & Aranda, 2005) (8).

e) Geología local

En mina Santa Filomena y alrededores afloran diferentes tipos de roca intrusiva las cuales son parte del batolito de la costa (8).

- **Complejo Santa Rita**

Al oeste de la mina, aflora el complejo Santa Rita, con distribución NO-SE y está constituido por rocas metamórficas de contacto desarrollado por la intrusión de las superunidades Linga y Tiabaya, son de coloración gris oscuro algo esquistosa de aspecto lustroso, están constituidas principalmente de dioritas piroxénicas - cuarcíferas y andesitas; estas rocas presentan mineralización sobre todo cerca al contacto con las dioritas y granodioritas de la súper unidad Tiabaya, las vetas de la mina Santa Rita se emplazaron en este tipo de litología (8).

- **Super unidad Tiabaya**

Los afloramientos rocosos corresponden a dioritas y granodioritas de la superunidad Tiabaya, las que presentan una textura de grano medio a fino y como componentes se distinguen: feldespatos, biotita de gran tamaño y hornblenda. En este tipo de roca se emplaza el mayor número de estructuras mineralizadas que actualmente se encuentran en producción (veta Filomena, veta Santa Rosa y ramales) (8).

Asimismo, existen afloramientos de tonalitas-granodioritas en el lado norte de la concesión al igual que las dioritas y granodioritas de la superunidad Tiabaya conforman el grupo de rocas encajonantes favorables para el emplazamiento de vetas hidrotermales de oro y plata, entre ellas veta Bonita, veta Española, veta Lady, veta Raúl, veta Silvana, veta Torrez, veta Santa Ana (8).

4.2 Consumo de brocas

Actualmente, se vienen ejecutando entre 6 – 7 labores, de las que tenemos la CR 2860 SE; RP 0300; ESCM 8435; BP 8325 Y CR SE-1, como avances lineales y el TJ 6420; TJ 6520 Y EL TJ 6625 en producción.

4.2.1 Brocas de 36 mm

Tabla 7. Rendimiento por broca CR SE - 2860 (pies perforados)

N°	Fecha	Mes	Nivel	Labor	V.U. Broca 36mm	Condición
1	01	Nov.	1880	Galería	179	Desgaste
2	02	Nov.	1880	Galería	119	Rotura-anillo
3	03	Nov.	1880	Galería	135	Rotura-anillo
4	04	Nov.	1880	Galería	171	Desgaste
5	05	Nov.	1880	Galería	215	Desgaste
6	06	Nov.	1880	Galería	190	Desgaste
7	07	Nov.	1880	Galería	198	Desgaste
8	08	Nov.	1880	Galería	173	Desgaste
9	09	Nov.	1880	Galería	233	Desgaste
10	10	Nov.	1880	Galería	114	Rotura-anillo

11	11	Nov.	1880	Galería	138	Rotura-anillo
12	12	Nov.	1880	Galería	149	Rotura-anillo
13	15	Nov.	1880	Galería	117	Rotura-anillo
14	16	Nov.	1880	Galería	153	Rotura-anillo
15	17	Nov.	1880	Galería	157	Rotura-anillo
16	18	Nov.	1880	Galería	150	Rotura-anillo
17	19	Nov.	1880	Galería	119	Rotura-anillo
18	20	Nov.	1880	Galería	176	Desgaste
19	21	Nov.	1880	Galería	119	Rotura-anillo
20	22	Nov.	1880	Galería	138	Rotura-anillo
21	23	Nov.	1880	Galería	120	Rotura-anillo
22	24	Nov.	1880	Galería	160	Rotura-anillo
Promedio vida útil					156	

Tabla 8. Reporte de brocas 36 mm – CR SE-1 - 2670

Nº	Fecha	Mes	Nivel	Labor	V.U. broca 36mm	Condición
1	12	Nov.	1880	CR SE -1	149	Rotura broca
2	15	Nov.	1880	CR SE -1	117	Rotura barreno
3	16	Nov.	1880	CR SE -1	153	Rotura broca
4	17	Nov.	1880	CR SE -1	157	Rotura broca
5	18	Nov.	1880	CR SE -1	150	Rotura broca
6	19	Nov.	1880	CR SE -1	121	Rotura broca
7	20	Nov.	1880	CR SE -1	134	Rotura broca
8	21	Nov.	1880	CR SE -1	117	Rotura barreno
9	22	Nov.	1880	CR SE -1	138	Rotura broca
10	23	Nov.	1880	CR SE -1	120	Rotura broca
11	24	Nov.	1880	CR SE -1	155	Rotura broca
Promedio vida útil					137	

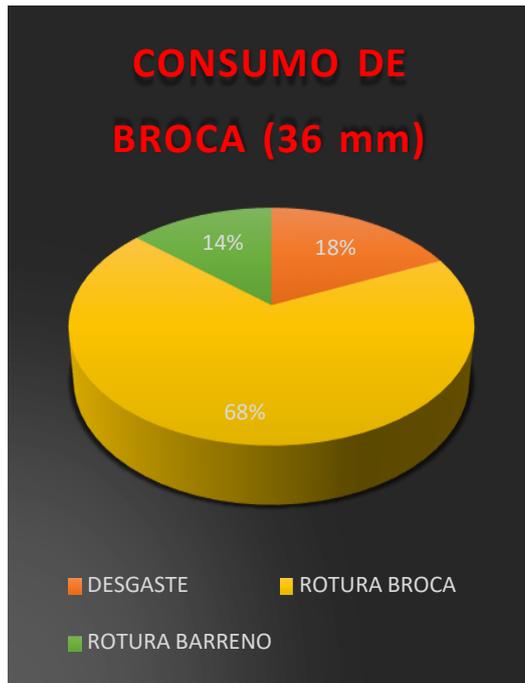


Figura 11 Reporte de consumo de broca CR SE - 2860 (36 mm)

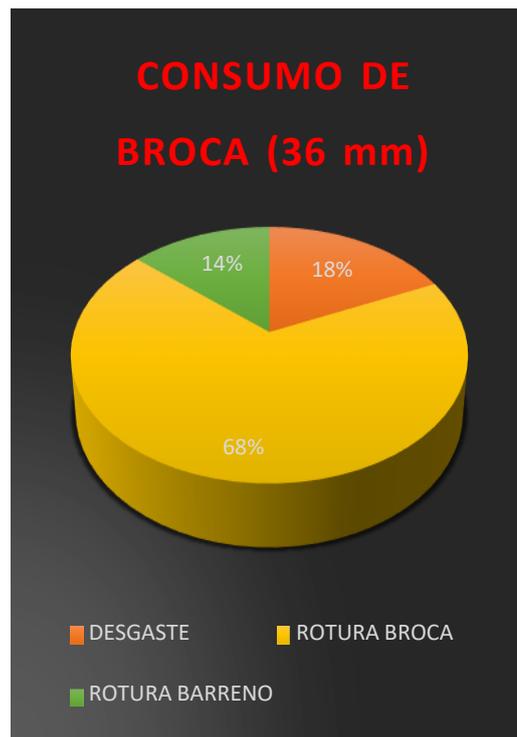


Figura 12 Reporte de consumo de broca CR SE-1 - 2670 (36 mm)

En el grafico se muestra el mayor porcentaje de consumo de brocas relacionados con la dureza de la roca con RMR de 61-80.

Tabla 9. Consumo de brocas (unidades/guardia), mes – noviembre (del 01 al 10)

Mes – Noviembre (del 01 al 10)

	Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labor	Turno										
BP 8325	Día						1			2	
	Noche						4	5	2	3	4
Total BP 8325							5	5	2	5	4
CR SE	Día	2	2	1		1	2		1	1	1
	Noche	2	3	3	2	2	1		2	2	3
Total CR SE		4	5	4	2	3	3		3	3	4
CR SE 1	Día		2			3					
	Noche	3	3	4	3						
Total CR SE 1		3	5	4	3	3					
ES CM 8435	Día	1	3			5	4			5	
	Noche			2	2	2			5	3	
Total ES CM 8435		1	3	2	2	7	4		5	8	
RA 0300-1	Día						4	1	3		4
	Noche				3	3		2	2	2	2
Total RA 0300-1					3	3	4	3	5	2	6

Total CR SE		5	6			3	4	5	4	5	4	6	5	7	85
CR SE 1	Día		4	2	2	4		5	5	2	4	2	4		39
	Noche			5	5				5			4		6	38
Total CR SE 1			4	7	7	4		5	10	2	4	6	4	6	77
ES CM 8435	Día														18
	Noche														14
Total ES CM 8435															32
RA 0300-1	Día				3	4		2			2	3	4	4	34
	Noche		3				1				2	1		2	23
Total RA 0300-1			3		3	4	1	2			4	4	4	6	57
TJ 6420	Día	2		1	3	3	1	1	4		2		3	2	23
	Noche		2	3		1	2	7	2				3	3	23
Total TJ 6420		2	2	4	3	4	3	8	6		2		6	5	46
TJ 6520	Día														6
	Noche														9
Total TJ 6520															15
TJ 6625	Día														2
Total TJ 6625															2
Total general		13	15	11	14	18	8	22	23	10	16	18	22	28	364

Tabla 11. Resumen

Labor	Vida útil
BP 8325	141
CR SE	156
CR SE 1	137
RA 0300-1	142
TJ 6420	144
Promedio	144

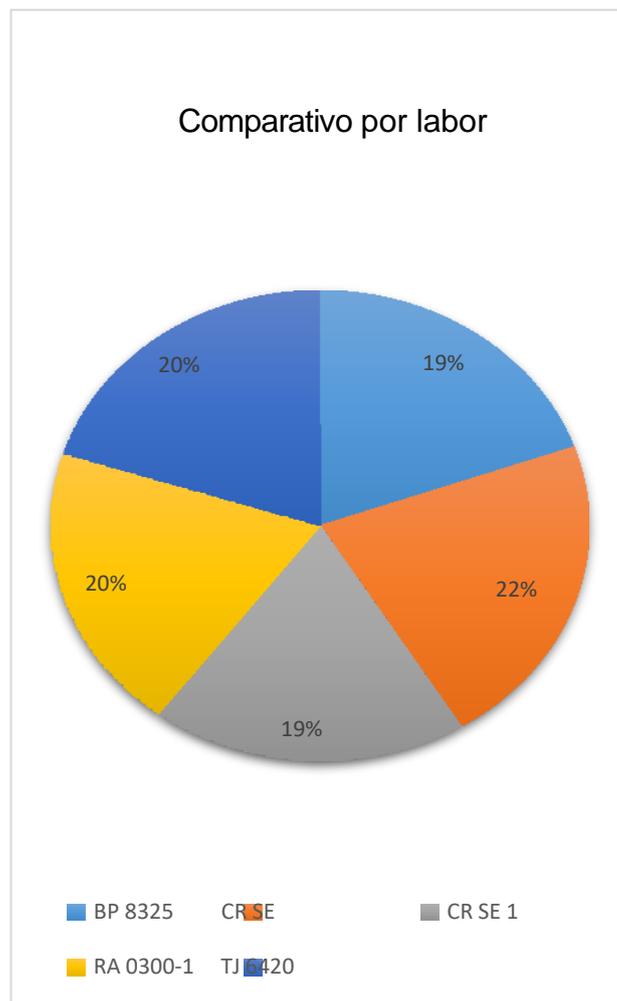


Figura 13 Comparativo por labor

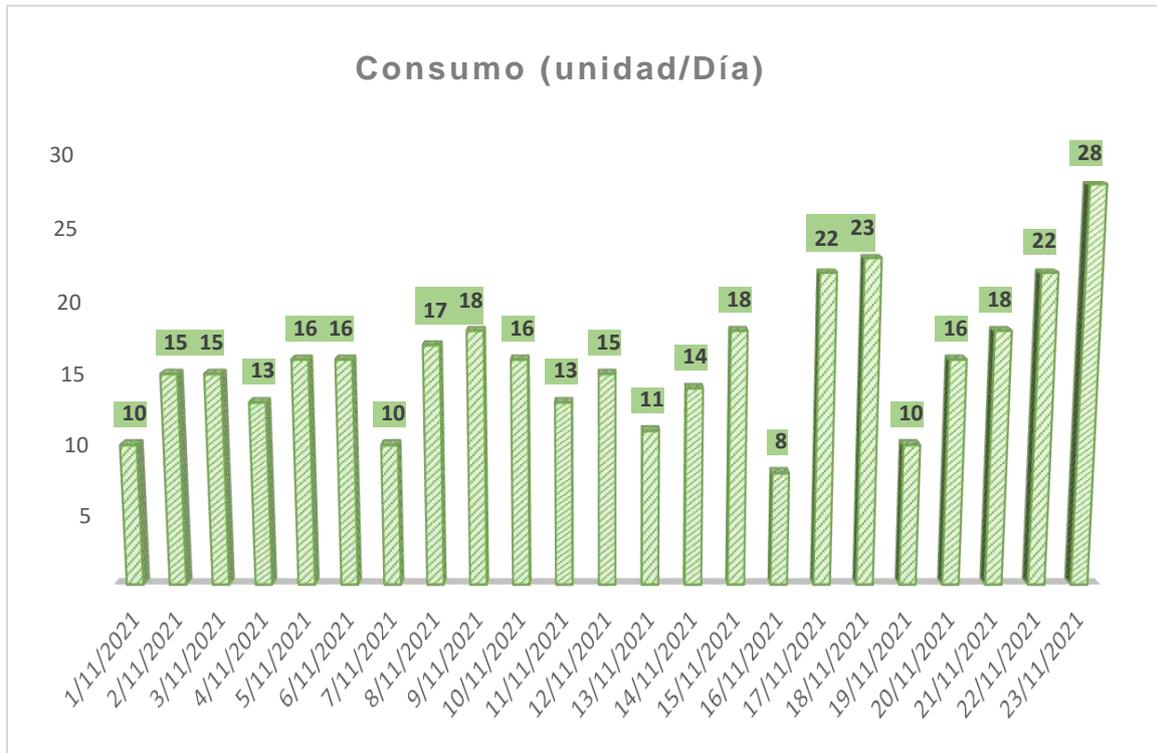


Figura 14 Consumo de brocas (unidad/Día)

4.2.2 Consumo de barrenos de 6 pies

Tabla 12. Rendimiento por barreno (pies perforados) del 1 al 13 - noviembre

Nº	Fecha	Mes	Nivel	Labor	V.U. Barreno 6 pies	Condición
1	1-Nov	Nov	2860	CR SE	345	Rotura
2	1-Nov	Nov	2860	CR SE	346	Rotura
3	3-Nov	Nov	2860	CR SE	443	Desgaste
4	4-Nov	Nov	2860	CR SE	357	Rotura
5	5-Nov	Nov	2860	CR SE	128	Rotura
6	6-Nov	Nov	2860	CR SE	421	Rotura
7	7-Nov	Nov	2860	CR SE	511	Rotura
8	8-Nov	Nov	2860	CR SE	412	Desgaste
9	9-Nov	Nov	2860	CR SE	256	Rotura
10	10-Nov	Nov	2860	CR SE	367	Rotura
11	11-Nov	Nov	2860	CR SE	425	Desgaste
12	12-Nov	Nov	2860	CR SE	324	Rotura
13	15-Nov	Nov	2860	CR SE	257	Rotura
Promedio vida útil					353	

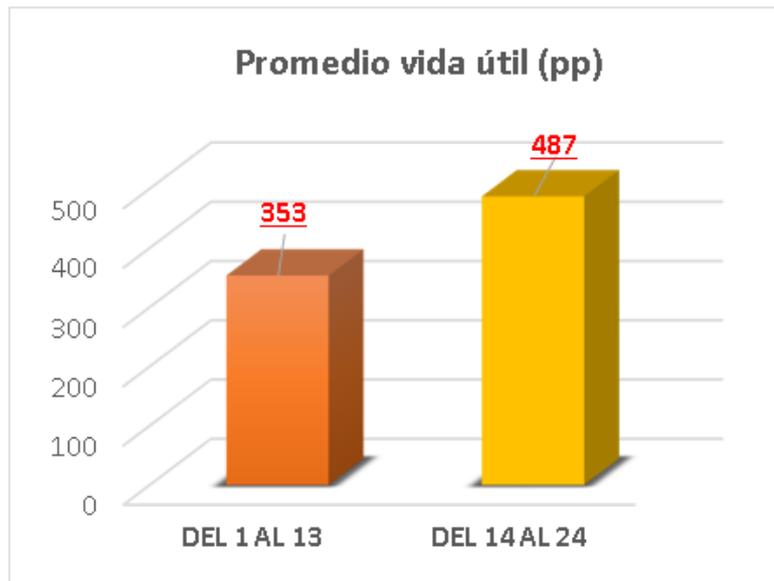


Figura 15 Promedio vida útil (PP)

Esta diferencia se da debido al uso de barrenos de diferente marca

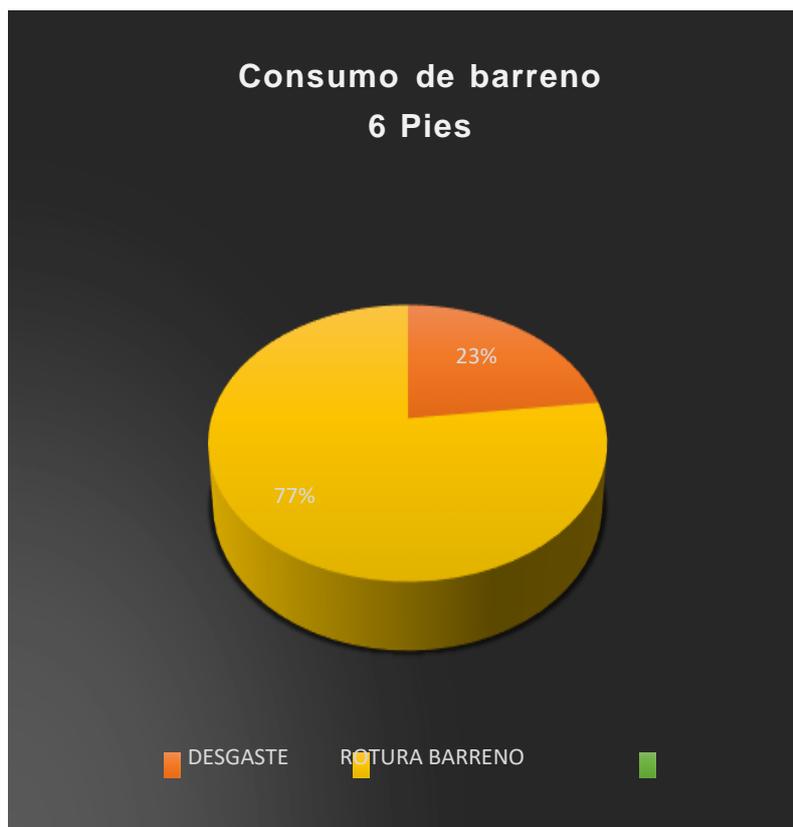


Figura 16 Rendimiento por barreno (pies perforados) del 1 al 13 noviembre



Figura 17 Rendimiento por barreno (pies perforados) del 14 al 23 - noviembre

Tabla 13. Consumo (unidades/guardia) del 01 al 11)

Labor	Mes Fecha	noviembre										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BP 8325	Día									1		1
	Noche						1		1		1	
CR SE	Día			1	2						1	
	Noche	1	1			1	1					
CR SE 1	Día											
	Noche		2	2	2							
ES CM 8435	Día	1	1									
	Noche			1	1				2	1		
RA 0300-1	Día										1	
	Noche				1	1		1				2
TJ 6420	Día											
	Noche											
TJ 6520	Día			1								
	Noche	1			1					1	1	
TJ 6625	Día											
Total general		3	4	5	7	2	2	1	3	3	4	3

Tabla 14. Consumo (unidades/guardia) del 12 al 23)

LABOR	Mes Fecha	Noviembre												
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
BP 8325	Día					1		1					4	
	Noche			1					1				5	
CR SE	Día								1				5	
	Noche	2			1				1		1		9	
CR SE 1	Día				1								1	
	Noche			2							1		9	
ES CM 8435	Día												2	
	Noche												5	
RA 0300-1	Día				1					1		1	4	
	Noche			1									6	
TJ 6420	Día		2				1		2			1	6	
	Noche													
TJ 6520	Día												1	
	Noche												4	
TJ 6625	Día													
Total general		2	2	4	3	1	1	1	5	1	1	1	2	61

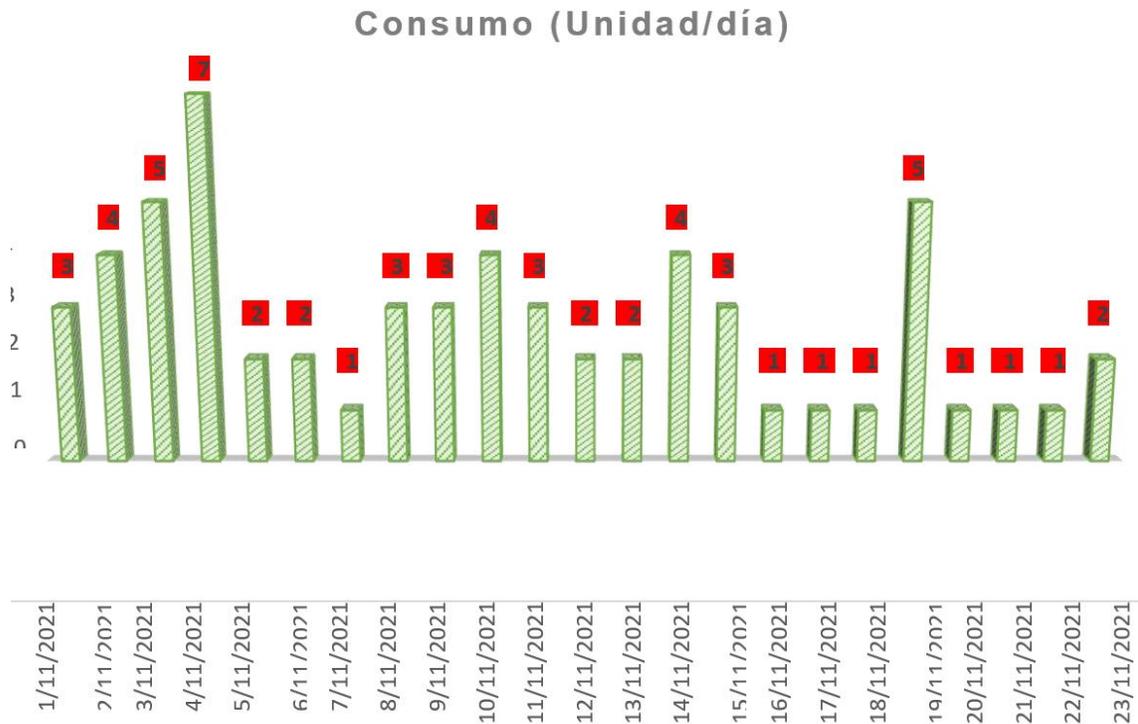


Figura 18. Consumo diario

En el grafico se observa una disminución en el consumo de barrenos a partir del 13 – Nov. en adelante (datos obtenidos de logística)

4.2.3 Consumo de barrenos de 4 pies

Tabla 15. Rendimiento por barreno (pies perforados) del 1 al 13-nov

Nº	Fecha	Mes	Nivel	Labor	V.U. Barreno 4 pies	Condición
1	1-Nov	Noviembre	2860	CR SE	754	Desgaste
2	2-Nov	Noviembre	2860	CR SE	587	Rotura
3	3-Nov	Noviembre	2860	CR SE	443	Rotura
4	4-Nov	Noviembre	2860	CR SE	589	Rotura
5	5-Nov	Noviembre	2860	CR SE	602	Desgaste
6	6-Nov	Noviembre	2860	CR SE	421	Rotura
7	7-Nov	Noviembre	2860	CR SE	511	Rotura
8	8-Nov	Noviembre	2860	CR SE	678	Desgaste
9	9-Nov	Noviembre	2860	CR SE	631	Rotura
10	10-Nov	Noviembre	2860	CR SE	598	Rotura
11	11-Nov	Noviembre	2860	CR SE	687	Desgaste
12	12-Nov	Noviembre	2860	CR SE	542	Rotura
13	15-Nov	Noviembre	2860	CR SE	345	Rotura

Tabla 16. Rendimiento por barreno (pies perforados) del 14 al 23-nov

N°	Fecha	Mes	Nivel	Labor	V.U. Barreno 4pies	Condición
14	1-Nov	Noviembre	2860	CR SE	643	Rotura
15	2-Nov	Noviembre	2860	CR SE	543	Rotura
16	3-Nov	Noviembre	2860	CR SE	678	Desgaste
17	4-Nov	Noviembre	2860	CR SE	578	Rotura
18	5-Nov	Noviembre	2860	CR SE	643	Rotura
19	6-Nov	Noviembre	2860	CR SE	501	Desgaste
20	7-Nov	Noviembre	2860	CR SE	511	Desgaste
21	8-Nov	Noviembre	2860	CR SE	864	Desgaste
22	9-Nov	Noviembre	2860	CR SE	784	Desgaste
23	10-Nov	Noviembre	2860	CR SE	764	Desgaste
Promedio vida útil					651	

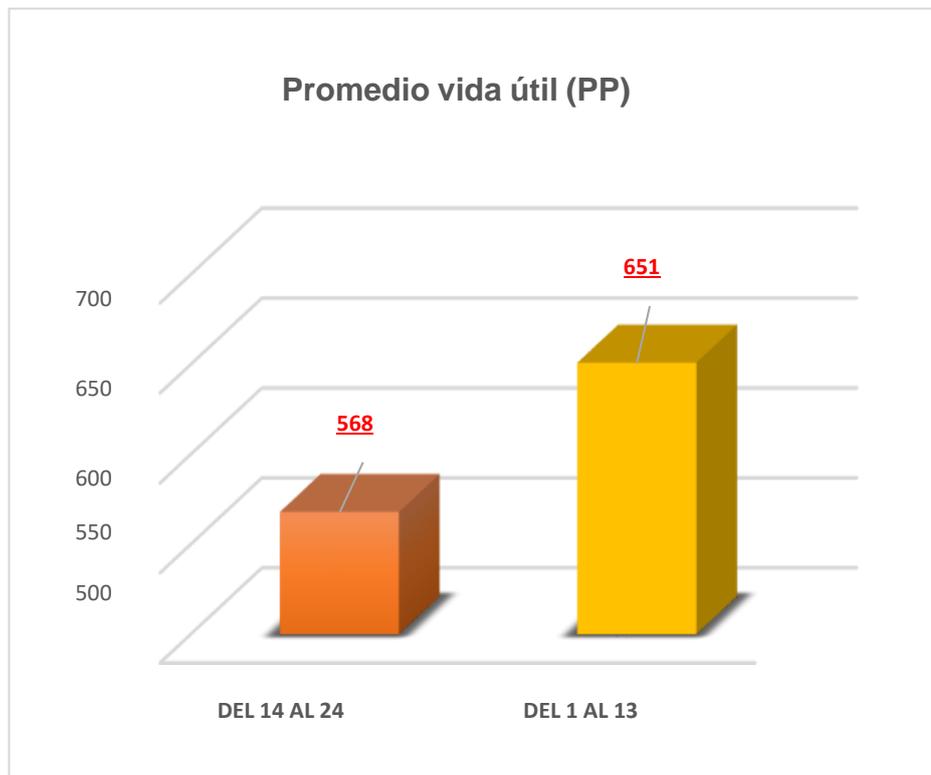


Figura 19 Promedio vida útil (PP)

Esta diferencia se da debido al uso de barrenos de diferente marca



Figura 20 Consumo de barreno 4 pies (del 1 al 13 noviembre)



Figura 21 Consumo de barreno 4 pies (del 13 al 23 noviembre)

Tabla 17. Consumo (unidades/guardia) del 01 al 10 de noviembre

Labor	Mes Fecha	Noviembre										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BP 8325	Día						2			1		
	Noche						1		1			
CR SE	Día	1	1				1			1		
	Noche	1	1			1	1					1
CR SE 1	Día											
	Noche		1									
ES CM 8435	Día	1	1						1			
	Noche			1	1				2	1		
RA 0300-1	Día										1	
	Noche				1	1		1				2
TJ 6420	Día											
	Noche											
TJ 6520	Día											
	Noche									1	1	
TJ 6625	Día											
Total general		3	4	1	2	2	5	1	4	4	2	3

Tabla 18 Consumo (unidades/guardia) del 12 al 22 de noviembre

Labor	Mes Fecha	Noviembre											Total	
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
BP 8325	Día							1						4
	Noche			2	1					2			1	8
CR SE	Día	1				1				1			1	8
	Noche	1			2	1								9
CR SE 1	Día				1			1		1	1			4
	Noche			2								1		4
ES CM 8435	Día													3
	Noche													5
RA 0300-1	Día									1				2
	Noche													5
TJ 6420	Día							1	2					3
	Noche													
TJ 6520	Día													
	Noche													2
TJ 6625	Día													
Total general		2		4	4	2		3	5	2	2	2	2	57

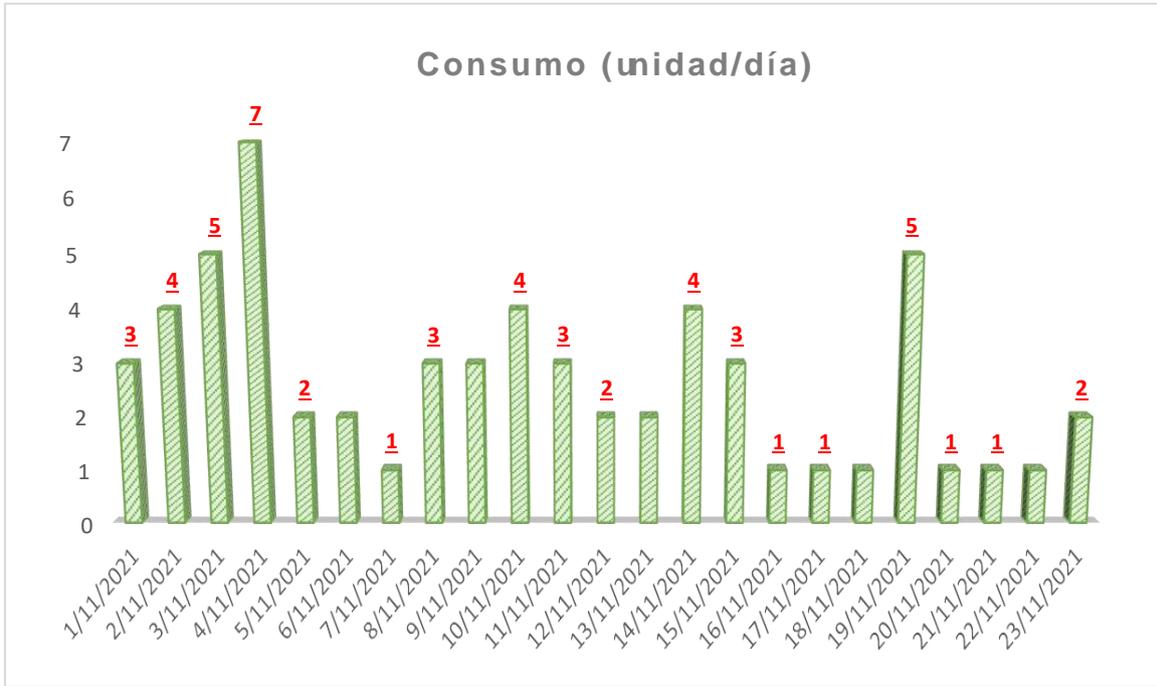


Figura 22. Consumo diario unidad/ día

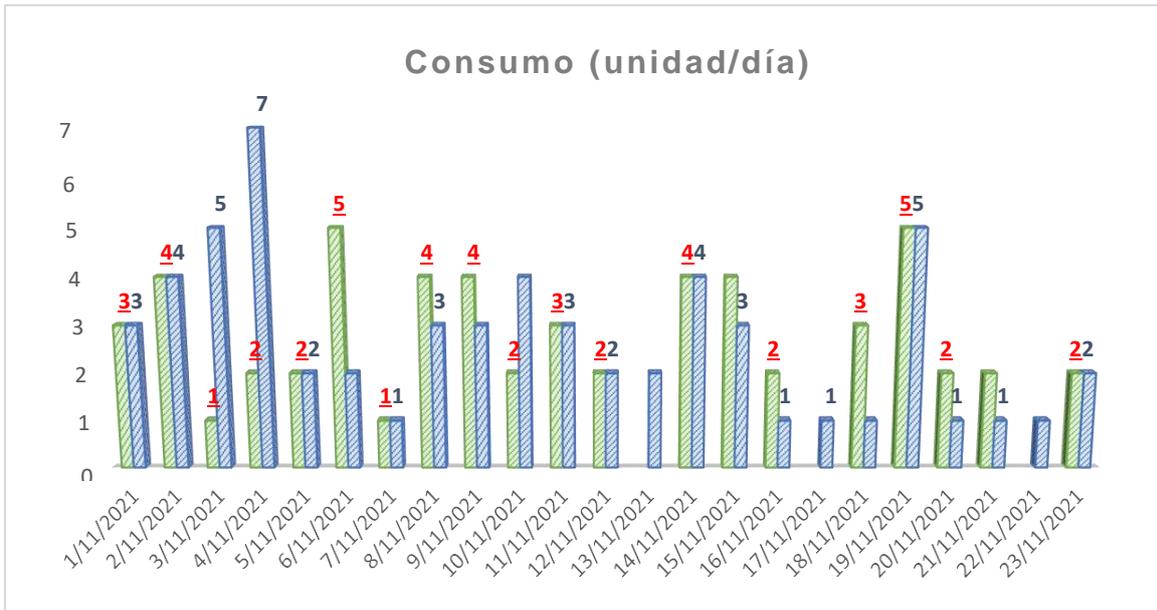


Figura 23. Comparativo consumo barreno 6 y 4 pies

4.2.4 Análisis de brocas

Empíricamente, las brocas de 36 mm BOART LONGYEAR, en roca dura, tienen una vida útil de +/- 250 pies perforados, sin embargo; las brocas que se hicieron seguimiento no llegan a esa ratio; estas son algunas de las observaciones:

Se realizaron comparativos en el performance de las máquinas perforadoras RNP Y GME en las labores (CR SE -2860 y CR SE-1- 2670), obteniendo los siguientes resultados.



Figura 24 Perforadora RNP 250

➤ **Perforadora RNP 250**

- ✓ Presenta una mejor rotación y adecuada percusión (nuevas).
- ✓ De cada 4 brocas de 36 mm rotasen el CR SE – 2860; 01 broca fue rota con esta perforadora.
- ✓ Prueba realizada con presión de aire de 90 PSI.



Figura 25 Perforadora GME 250

➤ **Perforadora GME 250**

- ✓ Presenta una rotación menor y un martilleo mayor en comparación (usada).
- ✓ De cada 4 brocas de 36 mm rotas en el CR SE – 2860; 03 brocas fuerota con esta perforadora.
- ✓ Prueba realizada con presión de aire de 90 PSI.

➤ **Rotura de brocas**

- ✓ La entrega de brocas por labor es de 08 unidades, de las cuales 05 son 36 mm y 03 son de 32 mm; entre nuevas y usadas.
- ✓ Diariamente se entrega un promedio de 3-4 anillos de broca.
- ✓ El coeficiente de rotura se incrementa cuando la presión de aire se mantiene debajo de 70 PSI.



Figura 26 Rotura de brocas





Figura 27 Cr. SE 2860





Figura 28 Cr. SE 12670

4.3 Discusión de resultados

- **HE N°1**

La evaluación de las brocas de perforación mediante el diámetro no planificado da como resultado el desgaste prematuro en toda la estructura de la broca, lo que influye para propuesta de consumo mensual.

La conclusión de la investigación mediante la evaluación de las brocas de perforación en el CR SE – 2860, y CR SE-1 – 2670 indican: 14 % se produjo rotura de barreno, 18 % desgaste prematuro de las brocas y 66 % rotura de brocas; lo que influyó para determinar el consumo mensual el cual asciende a 800 unidades/mensuales.

Según Ortiz (3), en su tesis titulada: “Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A.”, producto de su investigación, en sus conclusiones afirma que:

- ✓ La Compañía Minera Casapalca quien explora, prepara, desarrolla y explota minerales polimetálicos, hoy en día se tiene una mejora en sus procesos específicamente en perforación y voladura y todo aquello que está relacionado a dichos procesos, desde que se ha aplicado los controles de aceros de perforación se tiene resultados favorables para la empresa tanto en costos como en los procesos diarios. Los rendimientos de los aceros tanto de las brocas, barras *shank* y *coupling* (vida útil) es mayor que antes por ende el costo es menor, la aplicación de estos controles son diarios hasta la fecha, ellos nos

permite saber con mayor detalle todos los estatus de los aceros de perforación y como también de los equipos si falla alguno de los controles es cuando se tiene mayor problema en lo habitual se procura no tener estos descontrolados para eso la supervisión tiene que estar controlando e informando los trabajos de control (3).

- ✓ La empresa anteriormente invertía una fuerte suma de dinero en adquisición de aceros de perforación por el alto consumo de estos (se muestran en las tablas presentadas anteriormente), aplicando estos controles se tuvo una disminución de consumo de aceros y con ello se ha disminuido los costos de perforación que es favorable para la empresa y se ha mejorado los trabajos en las operaciones con menos horas muertas o menos tiempos improductivos (3).

En tal sentido, se comparte opinión entre ambas investigaciones respecto al análisis del consumo de barrenos y brocas.

HE N°2

La evaluación de los barrenos de perforación mediante el análisis de los parámetros de perforación con la geología del terreno incide para propuesta de consumo mensual.

La conclusión de la investigación fue: se verificó que el consumo de barrenos de 6 pies del 1 al 24 noviembre ascendió a 840 unidades, así mismo se determinó que 40 % presentó un desgaste prematuro y 60 % roturas de barreno; por otro lado, el consumo de barrenos de 4 pies del 1 al 24 noviembre ascendió a 1219 unidades, del mismo modo se determinó que 31 % presentó un desgaste prematuro y 69 % roturas de barreno. Estos parámetros influyen para determinar el consumo mensual de barrenos en la unidad minera.

Según Mallma (2), en su tesis titulada “Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristobal de minera BATEAS SAC”, en sus conclusiones afirmo lo siguiente:

- ✓ Los aceros de perforación no van separados de la operatividad de los equipos, una es complementaria a la otra; debido a ello, su importancia para obtener una vida útil óptima (2).
- ✓ La utilización de las brocas y aceros de perforación tomando en cuenta las recomendaciones que se da para cada zona de la mina y de acuerdo con los procedimientos escritos para la utilización de estas, así como la dimensión de la broca a utilizar, las presiones de aire y el tiempo a la que debe realizarse el afilado permitió mejorar la vida útil de los aceros de perforación y se redujo los costos de los mismos (2).

En tal sentido, se comparte opinión entre ambas investigaciones respecto al análisis del consumo de barrenos y brocas.

HE N°3

La evaluación de la vida útil de los aceros de perforación está en función de desgaste prematuro lo que incide para propuesta de consumo mensual.

La conclusión de la investigación fue: se evidenció empíricamente las brocas de 36 mm BOART LONGYEAR en roca dura, tienen una vida útil de +/- 250 pies perforados; sin embargo, las brocas que se hicieron seguimiento no llegan a esaratio, estos parámetros permitirán mejorar el proceso de perforación lo que influye para determinar el consumo mensual de las barra y bocas.

Según Ccollque (1), en su tesis titulada: "Mejoramiento de la Vida Útil de las Brocas de perforación para Generar un mejor control económico en las labores de desarrollo - Zicsa Contratistas Generales S.A." en sus conclusiones establece que:

- ✓ Como vida útil actual de las brocas, se observó que tenemos un déficit de pies/perforados. En brocas de 45 mm. El fabricante dice que debe tener una vida útil de 1,600 pies/perforados, entonces la broca solo alcanza los 1,509 pies existe una pérdida de 91 pies, al igual en las brocas de 51 mm, el fabricante indica una vida útil de 1,300, y nuestra broca tenía una vida útil de 1,055 pies

por lo tanto tenemos una pérdida de 245 pies/perforados. Por lo cual existe una pérdida de pies/perforados en ambas brocas". (1)

- ✓ Se logró obtener una mejora en la vida útil de las brocas de 45 y 51 mm, esto con la implementación del afilado de brocas, capacitación del personal y cambio de parámetros en la perforación. La vida útil de las brocas de 45 mm que estaba en 1,509 pies y se incrementó a 1,609. La vida útil de la broca que estaba en 1,055 pies y se incrementó a 1,300 pies (1).

En tal sentido, se comparte opinión entre ambas investigaciones respecto al análisis de la vida útil.

CONCLUSIONES

1. Se verificó mediante la evaluación de los aceros de perforación en las labores de avance los cruceros CR SE – 2860, y CR SE-1 – 2670, que el consumo de brocas es de 800 brocas mensuales, barrenos de perforación de 6 y 4 pies es de 840 y 1219 unidades respectivamente. Respecto a la vida útil, tomando como referencia el análisis del rendimiento de brocas, barrenos y la vida útil de +/- 250 pies perforados de las brocas de 36 mm BOART LONGYEAR, en roca dura, estos parámetros influyen para propuesta de consumo mensual, labores de avance unidad minera SOTRAMI S.A. 2023
2. Se determinó que la evaluación de las brocas de perforación en el CR SE – 2860, y CR SE-1 – 2670 indican que en el 14 % se produjo rotura de barreno, 18 % desgaste prematuro de las brocas y 66 % rotura de brocas; lo que influyó para determinar el consumo mensual el cual asciende a 800 unidades/mensuales.
3. Se verificó que el consumo de barrenos de 6 pies del 1 al 24 noviembre ascendió a 840 unidades, así mismo se determinó que 40 % presentó un desgaste prematuro y 60 % roturas de barreno; por otro lado, el consumo de barrenos de 4 pies del 1 al 24 noviembre ascendió a 1219 unidades, del mismo modo se determinó que 31 % presentó un desgaste prematuro y 69 % roturas de barreno. Estos parámetros influyen para determinar el consumo mensual de barrenos en la unidad minera.
4. Se evidenció empíricamente que las brocas de 36 mm BOART LONGYEAR, en roca dura, tienen una vida útil de +/- 250 pies perforados; sin embargo, las brocas que se hicieron seguimiento no llegan a esa ratio. Estos parámetros permitirán mejorar el proceso de perforación lo que influye para determinar el consumo mensual de las barra y bocas.

RECOMENDACIONES

1. Luego que se verificó mediante la evaluación de los aceros de perforación en las labores de avance los cruceros CR SE – 2860 y CR SE-1 – 2670 el consumo de brocas respecto al vida útil, se recomienda el control tanto en pies perforados como el tiempo tomando como referencia el análisis del rendimiento de estos.
2. Luego de haber determinado la evaluación de las brocas de perforación, se recomienda evaluar la rotura de barreno y desgaste prematuro de las brocas y para determinar el consumo mensual.
3. Posteriormente de haber verificado que el consumo de barrenos de 6 pies del 1 al 24 noviembre ascendió a 840 unidades, asimismo se determinó que 40 % presentó un desgaste prematuro y 60 % roturas de barreno; por otro lado, el consumo de barrenos de 4 pies del 1 al 24 noviembre ascendió a 1219 unidades, del mismo modo se determinó que 31 % presentó un desgaste prematuro y 69 % roturas de barreno; se recomienda un control estricto en el afilado, técnica de perforación para ir reduciendo paulatinamente.
4. Luego de haber evidenciado empíricamente que en las brocas de 36 mm Boart Longyear, en roca dura, tienen una vida útil de +/- 250 pies perforados, sin embargo; las brocas que se hicieron seguimiento no llegan a esa ratio, se recomienda su evaluación permanente en la parte operativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CCOLLQQUE, Hilber y FERNANDEZ, Jose. Mejoramiento de la vida útil de las Brocas de perforación para Generar un mejor control económico en las labores de desarrollo - Zicsa Contratistas Generales S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa - Perú : Universidad Tecnológica del Perú, 2022, 109 pp.
2. MALLMA, Israel. Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristobal de minera BATEAS SAC. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo – Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013, 132 pp.
3. ORTIZ, Yimson. Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco - Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019, 165 pp.
4. APARCO, Adrian y GARCIA, Jenner. En su tesis titulada: optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en mina San Vicente – CIA. San Ignacio de Morococha S.A.A. año 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancavelica – Perú : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019, 116 pp.
5. BERNAOLA, José, CASTILLA, Jorge y HERRERA, Juan. *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid - España, 2013.
6. ESTUDIOS MINEROS DEL PERÚ S.A.C. *Manual de minería*. [en línea] Lima Perú : s.n. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2023] Recuperado de: https://www.iestpoyon.edu.pe/web/documentos/Manual_de_Mineria.pdf
7. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. Mexico : McGRAW-HILL, 2014.

8. MACHUCA, Pedro. Control estructural en los procesos de mineralización del sistema de vetas santa rosa, compañía minera SOTRAMI S.A. -Ayacucho. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Cajamarca - Perú : Universidad Nacional de Cajamarca, 2022, 103 pp.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable
General	¿En qué medida la evaluación del proceso de perforación y optimización del costo en labores de avance minera Santa María2022?	Efectuar la evaluación de proceso y perforación de la voladura que permite la optimización del costo en labores de avance minera Santa María2022.	La evaluación del proceso de perforación y voladura influyen directamente para la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María2022.	<p>Independiente</p> <p>Perforación y voladura</p> <p>Dependiente</p> <p>Optimización de costo</p>
Específicos	<p>a) ¿En qué medida la evaluación de los parámetros de perforación permite la optimización del costo en labores de avance?</p> <p>b) ¿En qué medida la evaluación de los parámetros de voladura permite la optimización del costo en labores de avance?</p>	<p>a) Determinar en qué medida la evaluación de los parámetros de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.</p> <p>b) Determinar en qué medida la evaluación de los parámetros de voladura permite la optimización del costo en labores de avance.</p>	<p>a) La evaluación de los parámetros tales como la longitud, diámetro tiempo y diseño de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.</p> <p>b) La evaluación de los parámetros de voladura tales como el tipo de explosivo y la distribución de carga, permite la optimización del costo en labores de avance.</p>	

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente	La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura (Karlinski et al., 2009). Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes.	✓ Parámetros de perforación	
Perforación y voladura		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud de perforación ▪ Diámetro de perforación ▪ Tiempo de perforación ▪ Diseño de perforación 	<ul style="list-style-type: none"> m m s N° tal.
Dependiente	La optimización de costos se basa en un enfoque holístico donde se realiza una revisión integral de todos los tipos de costos dentro de una cadena de producción. En este proceso, se desarrollan revisiones dentro de la empresa, contemplando la economía global en la que se inserta.	✓ Parámetros de voladura	
Optimización de costo		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de explosivo ▪ Distribución de carga 	Densidad kg/m ³
		Costos directos	\$
		Costos indirectos	\$