

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Estandarización del rendimiento de las brocas  
cónicas de perforación para reducir el costo  
productivo del tajeo 6520, nivel 2760, compañía  
minera Poderosa S. A.**

Jorge Hernan Muñoz Torres

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 TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Jesus Fernando Martinez Ildelfonso  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 10 de Julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

ESTANDARIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS BROCAS CÓNICAS DE PERFORACIÓN, PARA REDUCIR EL COSTO PRODUCTIVO DEL TAJEO 6520, NIVEL 2760, COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.

**Autores:**

1. Jorge Hernan Muñoz Torres – EAP Ingeniería de Minas

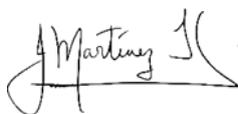
Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas (00): SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



---

Jesus Fernando Martinez Ildelfonso  
Asesor de trabajo de investigación

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildefonso

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Continental.

A la EAP de Ingeniería de Minas.

A los ingenieros docentes de la EAP de Ingeniería de Minas, por sus valiosas enseñanzas en mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

Yo, Jorge Muñoz, dedico esta tesis a mis padres: Hernán Muñoz Coronado y Elvira Torres Méndez, que supieron apoyarme emocional y económicamente a lo largo de mi carrera universitaria, en el camino hubo muchos desafíos, pero gracias a su apoyo moral y psicológico logré que se cumpla la meta

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ASESOR.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.1.2 Formulación del problema .....	14
1.2 Objetivos... ..	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos .....	15
1.3 Justificación e importancia.....	15
1.4 Hipótesis... ..	15
1.4.1 Hipótesis general.....	15
1.4.2 Hipótesis específicas .....	15
1.5 Identificación de las variables .....	16
1.5.1 Variable independiente .....	16
1.5.2 Variable dependiente .....	16
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Antecedentes del problema.....	18
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	18
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	18
2.2 Generalidades de la unidad minera Poderosa .....	19
2.2.1 Ubicación y accesibilidad .....	19
2.2.2 Geología regional.....	20
2.2.3 Geología estructural .....	22
2.3 Bases teóricas .....	22
2.3.1 Método de minado <i>open stoping</i> .....	22
2.4 Descripción del método de minado <i>open stoping</i> en la unidad minera Poderosa.....	24

2.4.2 Operaciones unitarias del método de minado <i>open stoping</i> .....	24
2.5 Equipo manual, perforadora Jackleg .....	25
2.4.3 Accesorios de perforación barra y broca cónica .....	27
2.4.4 Tipos de fallas en la perforación de las barras y brocas cónicas.....	28
2.6 Definición de términos .....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	30
3.1 Método y alcances de la investigación .....	30
3.1.1 Método general o teórico de la investigación .....	30
3.1.2 Alcance de la investigación .....	30
3.2 Diseño de la investigación.....	30
3.3 Población y muestra .....	31
3.3.1 Población .....	31
3.3.2 Muestra. . . ..	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	31
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 Desarrollo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación para reducir el costo productivo del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S. A. ....	32
4.2 Caracterización geomecánica de las labores de explotación para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del tajeo 6520, nivel 2760.....	36
4.3 Control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica para reducir el costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760 .....	53
4.4 Prueba de hipótesis .....	59
CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES .....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
ANEXOS.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	17
Tabla 2. Accesibilidad unidad minera Poderosa .....	19
Tabla 3. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jack Leg RMP – S83FX .....	26
Tabla 4. Tipos de fallas en la perforación de las barras y brocas cónicas .....	28
Tabla 5. Clasificación geomecánica (RMR), zonificación geomecánica en la veta del tajeo 6520 del nivel 2760 en promedio .....	37
Tabla 6. Clasificación geomecánica (RMR), zonificación geomecánica en la caja piso y caja techo del tajeo 6520 del nivel 2760 en promedio .....	38
Tabla 7. Evaluación de la caracterización geomecánica para la aplicación del método de minado por open stoping .....	39
Tabla 8. Estado situacional del rendimiento de brocas cónica y barras cónica utilizadas en el método de minado por open stoping .....	40
Tabla 9. Mejora del rendimiento de las brocas y barras cónicas utilizadas en el método de minado por open stoping .....	45
Tabla 10. Análisis de la vida útil de brocas y barras cónicas de 6 pies .....	47
Tabla 11. Comparación del estado situacional en relación al estado de mejora de los rendimientos de brocas y barras cónicas .....	54
Tabla 12. Comparación de los descartes de brocas y barras cónicas de la situación actual en relación a las mejora realizadas .....	61
Tabla 13. Estadísticos de muestras relacionadas .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales unidades litológicas, mapa Geológico de Pataz (5).....	20
Figura 2. Columna lito-estratigráfica de la región de Pataz (5) .....	21
Figura 3. Partes de una barra cónica .....	27
Figura 4. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca.....	27
Figura 5. Metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación. ....	32
Figura 6. Muestreo del tipo de roca en el Tajeo 6520 del Nivel 2760 .....	33
Figura 7. Optimización de procesos perforación en el Tajeo 6520 del Nivel 2760 .....	35
Figura 8. Caracterización geomecánica del tajeo 6520 del nivel 2760 .....	36
Figura 9. Rendimiento de brocas y barras cónicas evaluación antes de la mejora.....	43
Figura 10. Diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 6520 en el nivel 2760 .....	48
Figura 11. Rendimiento operativo de las brocas cónicas, minado open stoping del tajeo 6520, en el nivel 2760 .....	50
Figura 12. Rendimiento operativo de las barras cónicas, minado open stoping del tajeo 6520, en el nivel 2760 .....	51
Figura 13. Rendimiento de brocas y barras cónicas, evaluación antes de la mejora.....	52
Figura 14. Parámetros de perforación y voladura, antes de la mejora - minado open stoping del tajeo 6520, en el nivel 2760 .....	55
Figura 15. Resumen de la valorización del costo de minado open stoping, antes de la mejora.....	56
Figura 16. Parámetros de perforación y voladura después de la mejora - minado open stoping del tajeo 6520, en el nivel 2760 .....	57
Figura 17. Resumen de la valorización del costo de minado open stoping, antes de la mejora.....	58

## RESUMEN

Este trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de realizar la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación para reducir el costo productivo del tajeo 6520 en el nivel 2760 de la Compañía Minera Poderosa S. A.

El método general es el científico; el método específico es el experimental deductivo; el tipo de investigación es aplicada; el nivel, descriptivo; el diseño, experimental, la población es todos los tajeos de la Compañía Minera Poderosa S.A. y la muestra es el tajeo 6520 del nivel 2760 del método de minado *open stoping* de la Compañía Minera Poderosa S. A. La recopilación de datos se realizó mediante la técnica observacional, enfocándose en los datos actuales de perforación durante el mes de enero y febrero del año 2024, representados por el método de minado *open stoping* en el tajeo 6520, nivel 2760.

Con la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación se logró reducir el costo productivo del tajeo 6520 en el nivel 2760. Tras las mejoras realizadas, el avance efectivo es de 1.48 metros, con un tonelaje por disparo en cada corte de 55.11 toneladas, con este resultado eficiente se ha logrado disminuir el costo total por unidad valorizada con el método de minado *open stoping* en 46.03 \$ / t. La optimización por disparo es de 10.78 \$ / t, el incremento de producción es de 11.57 t y la optimización mensual de \$ 7481.08.

**Palabras clave:** estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación

## ABSTRACT

This research work was developed with the objective of standardizing the performance of conical drilling bits to reduce the productive cost of Tajeo 6520 at Level 2760 of Compañía Minera Poderosa S.A.

The general method is the scientific method, the specific method is the deductive experimental method, the type of research is applicative, the level of research is descriptive, the research design is experimental, the population is all the pits of the Compañía Minera Poderosa S.A. and the sample is pit 6520 of Level 2760 of the Open Stopping mining method of Compañía Minera Poderosa S.A. Data collection was carried out using the observational technique, focusing on current drilling data during the month of January and February 2024, represented by the Open Stopping mining method in pit 6520, Level 2760.

With the standardization of the performance of the conical drilling bits, the productive cost of Tajeo 6520 will be reduced to Level 2760. After the improvements made, the effective advance is 1.48 meters, with a tonnage per shot in each cut of 55.11 t, with this efficient result, the total cost per unit valued with the Open Stopping mining method has been reduced by \$46.03/t. The optimization per shot is \$10.78/t, the production increase is 11.57 t, and the monthly optimization is \$7481.08.

**Keywords:** standardization of the performance of conical drilling bits

## INTRODUCCIÓN

En la Compañía Minera Poderosa S. A., en la etapa de extracción con el método de minado *open stoping*, se han producido problemas en la perforación y voladura de los cortes verticales en la producción de mineral. Estos problemas tienen un impacto negativo en el ciclo de minado debido a las pérdidas operativas en los trabajos secundarios. Tras estas deficiencias, todos los accesorios de la columna de perforación que se utilizan con el equipo Jackleg no han cumplido con su vida útil prevista. Como resultado, el metro perforado debe pagar los remanentes por las pérdidas prematuras de estos accesorios de perforación.

En la caracterización geomecánica del tajeo 6520 en el nivel 2760, se identificó dos tipos de roca en la caja piso, y en la caja techo se identificó un tipo de roca regular A, con RMR de 61 a 56, con fracturamiento regular, con sostenimiento inmediato, y en la veta o zona mineralizada se identificó un tipo de roca regular B, con RMR de 50 a 45, con fracturamiento regular, con sostenimiento inmediato.

Antes de la mejora, la cantidad de consumo de brocas cónicas era de 14, con un rendimiento en campo de 209.50 metros perforados; el cumplimiento de vida útil era de 74.82 %, lo que es muy deficiente. El costo por metro perforado era de 1.35 \$ / mp, lo cual es muy desfavorable en la rentabilidad. La cantidad de consumo de barras cónicas era de 6, con un rendimiento en campo de 488.84 metros perforados, el cumplimiento de vida útil era de 69.83 %, lo que es muy deficiente y el costo por metro perforado es de 0.86 \$ / mp, cifra muy desfavorable en la rentabilidad.

Después de realizar la estandarización de las mejoras operativas realizadas, la cantidad de consumo de brocas cónicas es de 10, con un rendimiento en campo de 293.30 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 104.75 %; es decir, que se ha superado la vida útil de la broca cónica y el costo por metro perforado es de 0.69 \$ / mp, lo que es muy rentable. La cantidad de consumo de barras cónicas es de 4, con un rendimiento en campo de 733.26 metros perforados, el cumplimiento de la vida útil es de 104.71 %, y el costo por metro perforado es de 0.38 \$ / mp, cifra muy favorable en la rentabilidad.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

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

En la actualidad, existen varias empresas en todo el mundo dedicadas a la venta de herramientas de perforación y a brindar el servicio de metro perforado a las unidades mineras dentro de un contrato de servicio con el objetivo de que la operación sea lo óptima posible.

En el Perú, existen tres empresas predominantes en el mercado que se dedican a la comercialización de herramientas de perforación y en brindar el servicio de metro perforado a las unidades mineras. El control de los parámetros de perforación juega un papel importante para la mejora de los rendimientos de la columna de perforación, reduciendo así el consumo de las herramientas de perforación. La mejora de las prácticas operacionales, la interpretación del macizo rocoso y la mejora de los parámetros de perforación del equipo jumbo ayudará a mejorar los rendimientos de la columna de perforación, cumpliendo así la vida útil de cada pieza de perforación.

#### **1.1.2 Formulación del problema**

##### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación para reducir el costo productivo del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.?

##### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo influye la caracterización geomecánica de las labores de explotación, para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.?

- ¿Cómo influye el control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica para reducir el costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización geomecánica de las labores de explotación para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.
- Realizar el control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica para reducir el costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

## **1.3 Justificación e importancia**

En la Compañía Minera Poderosa S. A., en la etapa de extracción con el método de minado *open stoping*, se han producido problemas en la perforación y voladura de los cortes verticales en la producción de mineral. Estos problemas tienen un impacto negativo en el ciclo de minado debido a las pérdidas operativas en los trabajos secundarios. Tras estas deficiencias, todos los accesorios de la columna de perforación que se utilizan con el equipo Jackleg no han cumplido con su vida útil prevista. Como resultado, el metro perforado debe pagar los remanentes por las pérdidas prematuras de estos accesorios de perforación.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación será factible y viable para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La caracterización geomecánica de las labores de explotación, será factible para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

- El control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica será factible y viable para reducir el costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

## **1.5 Identificación de las variables**

### **1.5.1 Variable independiente**

Estandarización del rendimiento de las brocas cónicas

### **1.5.2 Variable dependiente**

Reducir el costo productivo del tajeo 6520, nivel 2760

### **1.5.3 Matriz de operacionalización de variables**

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación	La estandarización del rendimiento de las brocas cónicas implica establecer estándares y especificaciones para garantizar su eficacia y durabilidad en la perforación. La definición de estándares de calidad, dimensiones y materiales, así como los procedimientos de prueba y evaluación. La estandarización garantiza un rendimiento consistente y confiable en una variedad de condiciones de perforación, lo que aumenta la productividad y reduce los costos.	Caracterización geomecánica  Control de parámetros de la perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices RMR</li> <li>• RQD</li> <li>• GSI</li> <li>• Longitud de perforación</li> <li>• Percusión (bar)</li> <li>• Rotación (RPM)</li> <li>• Empuje de avance (bar)</li> <li>• Barrido (bar)</li> </ul>
V.D: Reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760	Engloba todos los costos de operación de los equipos de carga, transporte y perforación, así como los costos de mano de obra, mantenimiento, suministros, energía y administración. Para mantener la rentabilidad de la operación minera, es necesario administrar estos costos de manera eficiente. Mediante la optimización de procesos, la adopción de tecnologías más eficientes y la mejora de la productividad del personal.	Evaluación del costo productivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos por tonelada (\$/ton)</li> </ul>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

En la tesis titulada: “*Optimización de los procesos de perforación y voladura en la Sociedad Minera Nueva Rojas, concesión Bella Rica, Camilo Ponce Enríquez - Azuay*” el objetivo fue desarrollar una metodología que permitiera optimizar el progreso de las voladuras en la Sociedad Minera Nueva Rojas. Para ello, se recopiló información sobre las operaciones de perforación y voladura correspondientes a una labor en preparación. Además, la metodología de investigación es correlacional. Para la muestra, se consideraron con un avance de 30 metros lineales; según el método actual se necesitaría un total de 25 voladuras para su franqueo, y con el método 2 se necesitaría un total de 22 voladuras; logrando un ahorro aproximado de \$ 600 por la mejorar de parámetros de perforación (1).

##### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

En la tesis titulada: “*Reducción y optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.*” el objetivo fue realizar una mejora técnica y económica en el diseño de la malla de perforación y voladura para labores de desarrollo, aplicando barrenos de 16 pies en la unidad operativa Inmaculada de la Sociedad Minera Ares S.A.C. La metodología de investigación es no experimental y la muestra es de tipo estadística, orientada a la optimización de la malla de perforación para labores de desarrollo en dicha unidad operativa. Como quinta conclusión se indica que el estudio económico del diseño de la malla de perforación de 16 pies y 12 pies mostró que el costo por disparo para la malla de 12 pies es de 810.86 dólares, mientras que para la de 16 pies es de 1051.24 dólares. Además, el costo del acero de perforación en la malla de 12 pies es de 0.057 dólares, comparado con 0.05 dólares en la malla de 16 pies (2).

En la tesis titulada: “*Reducción y optimización de costos operativos en aceros de perforación en la RPA. (±)944W de la Empresa Especializada IESA S.A. –Unidad Minera Atacocha S.A. Nexa Resources*” el objetivo fue reducir los costos operativos de la rampa 944 W mediante la optimización del uso de los aceros de perforación. La metodología de investigación utilizada fue de tipo cuantitativo y cuasi experimental. La muestra incluyó los aceros de perforación (brocas y barras) utilizados en la Rpa. (±) 944W. Durante el proyecto, el rendimiento combinado de las barras y shank fue de 397,581.878 metros, utilizando 47 unidades de barras y 30 unidades de shank. Para las brocas, el rendimiento fue de 365,471.797 metros, mientras que las brocas afiladas alcanzaron un rendimiento de 33,280.6719 metros, con un total de 240 brocas utilizadas a lo largo del proyecto (3).

En la tesis titulada: “*Análisis de la vida útil de aceros de perforación para evaluar costos operativos en galerías Compañía Minera San Cristóbal S.A.A.*” el objetivo es analizar la vida útil de los aceros de perforación para evaluar los costos operativos en las galerías de la compañía minera San Cristóbal S. A. A. La metodología utilizada fue explicativa. La muestra considerada fue el nivel 1120, Labor SP 6, de la zona alta de la unidad minera San Cristóbal. Se buscó optimizar el rendimiento de los aceros de perforación en el Nivel 1120, Labor SP 6, de la zona alta del tajo 120 E-W. El rendimiento anual y mensual en términos económicos de las piezas de perforación, para los equipos utilizados en las actividades de preparación y desarrollo de frentes de avance, específicamente el equipo Boomer S1D, para el año 2018 fue de \$11,497.98 anuales y \$383.27 mensuales (4).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera Poderosa

### 2.2.1 Ubicación y accesibilidad

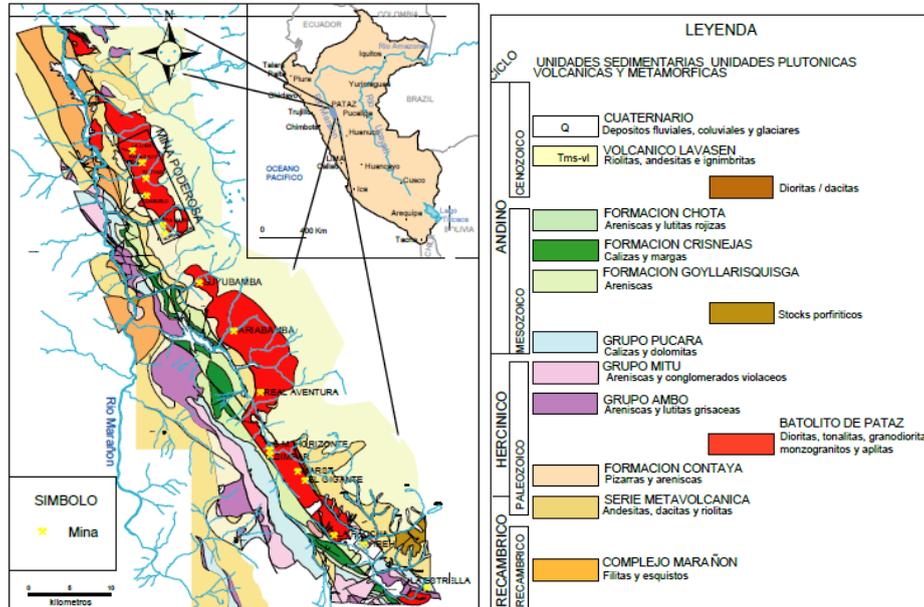
La Compañía Minera Poderosa S. A. está situada en la margen derecha del río Marañón, en la provincia de Pataz, departamento de La Libertad, Perú, con una altitud que varía entre 1467 y 3180 m s. n. m. En la siguiente tabla se adjunta la accesibilidad de la unidad minera Poderosa.

**Tabla 2. Accesibilidad unidad minera Poderosa**

Accesible desde Lima	Distancia (km)	Vía aérea	Tiempo aproximado
Lima – Aeropuerto de Chagual	860		1.50 h
Accesible desde Lima	Distancia (km)	Vía terrestre	Tiempo aproximado
Lima a Trujillo	558	asfaltada	7 h
Trujillo a la unidad minera Poderosa	370	afirmada	15 h
Total	928	asfaltada y afirmada	22 h

## 2.2.2 Geología regional

En la geología regional tenemos los siguientes principales Unidades Litológicas, mapa Geología de Pataz (5)



**Figura 1. Principales unidades litológicas, mapa Geológico de Pataz (5)  
Tomada del Departamento de geología de la unidad minera Poderosa**

En la siguiente figura se muestra la columna lito-estratigráfica de la región de Pataz

COLUMNA ESTRATIGRAFIA									
ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITO ESTRATIG.	ESP. (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION DE LAS FACIES	ROCAS INTRUSIVAS	
GENEZOICO	CUATERNARIO		HOLOCENO	FLANK, COLMIL, ALMARI	100 m		CLASIS (BLOQUES, CANTOS, ARENAS, LIMOS, ARCILLAS, GANCHALES, DEBRIDOS, ALMIONES)		
			PLEISTOCENO				BORENAS, CONGLOMERADOS		
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	SANTO NIÑO	FORMACION CHOTA	200m		LUTITAS INTERCALADAS CON ARENISCAS Y LIMONITAS EN PAQUETES GUEBOS COLOR ROJO		
		INFERIOR	ALVIANO MEDIO	FORMACION CRISNEJAS	200m		CALIZAS MASIVAS INTERCALADAS CON MARGAS DE COLOR GRIS		
			NEOCO NIÑO	FORMACION SOLLARISQUIZA	20-450m		ARENISCAS Y CONGLOMERADOS DE COLOR BLANCO		
	JURASICO	LIAS TKSUPERIOR	SINENURA NORIANO	GRUPO PUCARA	300m		CALIZAS DOLOMITAS INTERCALADAS DOLOMITAS Y CALIZAS DE COLORES CLARO A GRIS NEGRO SHARN LA ESTRELLA	STOCKS PORFIRITICOS, MUCHOS DE ELLOS SON DE COMPOSICION GRANOCENTRICA A MONOCENTRICA, ALGUNOS SON TONALITICOS	
PALEOZOICO	PERMICO	SUPERIOR		GRUPO MITU	300m		ARENISCAS CONGLOMERADAS INTERCALADAS CON LUTITAS LIMONITAS Y ARENISCAS CON MATRIZ ARENISA TOBACA EN SU BASE		
	CARBONIFERO	SUPERIOR		VOLCANICOS LAVASEN	100 m		PROCLASTOS, BOLTAS, BOCAYAS, COLADAS DE LAVAS AZOLES Y ANDESITAS		
PRECAMBRIANO				ROCAS METAMORFICAS DEL COMPLEJO MARAÑON			FILITAS, MARMAS	BATOLITO DE PATAZ, LITOLÓGICAMENTE ESTÁ COMPUESTO POR GRANOCENTRICA DE GRANO GROSSO, MONOCENTRICA, GRANITO, TONALITA, DIORITA. LAS ROCAS PRESENTAN TEXTURAS GRANULARES DE GRANO MEDIO A MICROGRANULARES DE GRANO FINO, HASTA PORFIRITICAS MAYORMENTE HEPABASILES.	
				MICA ESQUISTOS			META-ANDESITAS, PROCLASTAS, BOLTAS		
				MICA ESQUISTOS			MARGAS-MICRESQUISTOS (SERPENTINIZADOS) INTERCALADOS POR TOBAS CUARZAS		

Figura 2. Columna lito-estratigráfica de la región de Pataz (5)  
Tomada del Área de Geología, unidad minera Poderosa

Las principales columnas lito-estratigráfica de la región de Pataz, son:

### 1. Precámbrico - Complejo Marañón (Pe-cm)

- ✓ Ubicación: Valle del Río Marañón y margen derecha del Río Llacubamba - Parcoy.
- ✓ Características: Estructura polimetamórfica con fases de deformación múltiple.
- ✓ Unidades: Tres unidades de diferentes edades; la parte inferior contiene esquistos de mica filítica.

### 2. Paleozoico Inferior - formación Contaya (O-c)

- ✓ Edad: ordovícica.
- ✓ Naturaleza: siliciclástica, compuesta por cuarcitas areniscas masivas, lutitas y caliza.

### 3. Paleozoico Superior - grupo Ambo (Ci-a)

- ✓ Formación: durante el Misisipi (Carbonífero Inferior), en el último período de la tectónica eohercínica.
- ✓ Composición: areniscas, lutitas y conglomerados.
- ✓ Vulcanismo: expansión y colapso provocaron vulcanismo hasta el Pensilvánico.(Volcánico (CsP-v), Grupo Mitú (Ps-m) y Pérmico Superior

#### **4. Triásico – Jurásico, Grupo Pucará (TrJi-p), las formaciones principales son:**

- ✓ Formación Chambará (Tr-ch): calizas de color claro a oscuro, con calizas bituminosas y calizas dolomíticas.
- ✓ Formaciones Aramachay y Condorsinga (Ji-ar-c): estudiadas para la exploración de pórfidos y depósitos de reemplazo, con resultados prometedores en Chilia.

#### **5. Cretácico - grupo Goyllarisquiza (Ki-g)**

- ✓ Formaciones litológicas: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, siguiendo un patrón de plegamiento similar al sistema andino.
- ✓ Formación Crisnejas (Ki-cr), se compone de: calizas, areniscas calcáreas
- ✓ Formación Chota (KsP-ch), se compone de: conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas de color rojo intenso.
- ✓ Depósitos cuaternarios (Qr-al), se compone de los depósitos eluviales y coluviales, principalmente de la formación Chota.

### **2.2.3 Geología estructural**

#### **a) Geología estructural**

Las estructuras principales son subverticales, orientadas de norte a noroeste, acompañadas por numerosas estructuras transversales cerca del eje este-oeste, que también están asociadas con la mineralización. Es importante observar tanto las estructuras mayores como menores a nivel regional y local para una comprensión completa de la geología y la mineralización en la región (5).

#### **b) Geología de la mineralización**

La mineralización del oro depende de dos factores esenciales: el marco estructural y la profundidad de la corteza terrestre. Así, se distingue por manifestarse en entornos de expansión conjunta con acumulación de segmentos circulares integrados, denominados "orogénicos" (5).

## **2.3 Bases teóricas**

### **2.3.1 Método de minado *open stoping***

En la Compañía Minera Poderosa S. A. se realiza el método de minado *open stoping*, es una técnica ampliamente utilizada en minería subterránea para la extracción de minerales metálicos. Se basa en la creación de grandes cámaras abiertas (stopes) dentro del cuerpo mineralizado, permitiendo un acceso eficiente y seguro a los recursos auríferos. A continuación, se describen las aplicaciones prácticas del método en la unidad:

#### **a) Preparación y planificación**

- Estudio geológico: el área de geología de la unidad minera Poderosa realiza un análisis detallado del cuerpo mineralizado para determinar su extensión, forma y orientación.
- Diseño del tajeo: el área de planeamiento de la unidad minera Poderosa diseña la estructura del tajeo, incluyendo el tamaño, la forma y la ubicación, para maximizar la recuperación del mineral y minimizar la dilución.
- Planificación de accesos: el área de planeamiento de la unidad minera Poderosa planifica los accesos del tajeo, incluyendo rampas, chimeneas y galerías, para facilitar el transporte de mineral y equipo.

#### **b) Desarrollo de accesos**

- Perforación y voladura: el área de operaciones de la unidad minera Poderosa utiliza técnicas de perforación y voladura para crear los accesos necesarios, como rampas y galerías.
- Soporte de rocas: el área de geomecánica de la unidad minera Poderosa realiza el análisis para aplicar los sistemas de soporte, como pernos, malla electrosoldada o shotcrete, para estabilizar las paredes de los accesos y garantizar la seguridad.

#### **c) Extracción del mineral por el área de operaciones de la unidad minera Poderosa,**

- La perforación de producción: se perforan una serie de taladros en el techo y las paredes del tajeo, el equipo utilizado es la JacKleg con una columna de perforación de brocas de 38 mm y barras de 6 pies ambas cónicas, siguiendo el diseño planificado.
- La carga y voladura: se cargan los taladros con explosivos y se realiza la voladura para fragmentar el mineral.
- Limpieza del mineral: se retira el material volado utilizando equipos de carga y transporte, como son las locomotoras e carritos mineros, Scooptram de menor capacidad.

#### **d) Gestión de los tajeos del área de geomecánica de la unidad Minera Poderosa**

- Control de estabilidad: se monitoriza la estabilidad del tajeo durante y después de la extracción, utilizando instrumentos geotécnicos y análisis geomecánicos con la metodología del RMR, GSI, entre otros.
- Relleno del tajeo: en la unidad minera Poderosa, se emplea el relleno detrítico procedentes de los trabajos de desarrollo y preparación y el relleno hidráulico o pasta que viene hacer la mezcla de material estéril y relave de planta, mejorando la estabilidad de la mina.

#### **e) Ventilación y seguridad**

- Sistemas de ventilación: en la unidad minera Poderosa, se instalan sistemas de ventilación mecánica y artificial para asegurar un suministro constante de aire fresco y la eliminación de gases nocivos.
- Protocolos de seguridad: en la unidad minera Poderosa, se implementan protocolos de seguridad rigurosos para proteger a los trabajadores de los riesgos asociados a la minería subterránea.

#### **f) Ventajas del método *open stoping* aplicado en la unidad minera Poderosa**

- Alta productividad: permite la extracción de grandes volúmenes de mineral en un corto periodo de tiempo.
- Flexibilidad: puede adaptarse a una variedad de condiciones geológicas y estructuras de depósitos.
- Costos relativamente bajos: comparado con otros métodos subterráneos, el costo de extracción puede ser menor debido a la eficiencia en el uso de explosivos y equipos.

### **2.4 Descripción del método de minado *open stoping* en la unidad minera Poderosa**

#### **2.4.1 Operaciones unitarias del método de minado *open stoping***

##### **a) Perforación**

La perforación en minería convencional en tajo, se perforan una serie de taladros en el techo y las paredes del tajeo, el equipo utilizado es la Jackleg con una columna de perforación de brocas de 38 mm y barras de 6 pies ambas cónicas.

Esta actividad demanda una planificación detallada del lugar, la selección adecuada de equipos, el diseño preciso de los parámetros de perforación y un control meticuloso del diseño de malla de perforación y voladura.

La técnica de perforación se fundamenta en la combinación de la percusión y rotación, donde la fuerza del impacto y la fricción generan la fractura y pulverización de la roca, lo que es crucial para una voladura eficaz (6).

##### **b) Voladura**

En la unidad minera Poderosa, la actividad de fragmentar o dividir el macizo rocoso se realiza utilizando explosivos y accesorios en las perforaciones. Estos incluyen dinamita Semexsa 45% o 65%, Emulnor 3000, Carmex de 1.5 m, Carmex de 2.4 m y mecha rápida.

### **c) Limpieza (carga y transporte)**

En la unidad minera Poderosa, la actividad de carguío y transporte los realizan mayormente con locomotora y carritos mineros como también con palas neumáticas, el material resultante de la voladura varía según el tipo de material, el mineral se envía a la planta, mientras que el desmonte se dirige a un botadero o para el relleno de tajeos. La limpieza en este método se lleva a cabo utilizando un winche que lleva el material a la tolva, desde donde se transporta al exterior mediante un convoy de carros metaleros.

### **d) Sostenimiento**

En la unidad minera Poderosa, el sostenimiento se realiza con puntales de seguridad es una técnica tradicional en minería convencional que asegura la estabilidad de las excavaciones subterráneas. Los puntales de seguridad se utilizan para soportar el techo y las paredes de los tajeos, evitando colapsos y protegiendo a los trabajadores.

#### **a) Puntales de madera:**

- Uso común: son los más tradicionales y ampliamente utilizados en minas pequeñas y medianas.
- Material: generalmente se utilizan maderas duras como eucalipto o pino tratado.
- Instalación: se cortan a medida y se colocan verticalmente entre el piso y el techo de la excavación.

#### **e) Relleno detrítico**

En la unidad minera Poderosa, se utiliza dos tipos de relleno el detrítico y el hidráulico como se describe a continuación:

- El relleno hidráulico, es aquel relleno procede de la mezcla de material estéril con relave procedente de planta el cual es transportado con tuberías hacia el tajeo en el cual se va a rellenar.
- El relleno detrítico, es aquel relleno de material estéril procedentes de los trabajos de desarrollo y preparación como también material procedente de la superficie, el cual sirve para el relleno mayormente de los tajeos.

## **2.5 Equipo manual, perforadora Jackleg**

Es una perforadora manual con barra de avance, adecuada para realizar taladros tanto horizontales como inclinados. Su uso principal es en la construcción de galerías, subniveles, rampas y tajeos en minería convencional (7).

### 2.5.1. Descripción de la perforadora Jackleg

La perforadora Jackleg, es una herramienta neumática que se utiliza para perforar agujeros en roca. Sus componentes principales incluyen:

- Motor neumático: utiliza aire comprimido para generar la potencia necesaria.
- Cilindro de perforación: contiene el mecanismo que acciona la broca.
- Pata de apoyo (Jackleg): una pata extensible que proporciona estabilidad y permite ajustar la perforadora en diferentes ángulos y posiciones.
- Controles de aire: regulan la velocidad y la fuerza de perforación.
- Brocas: hechas de materiales duros, como el carburo de tungsteno, disponibles en varios tamaños según la necesidad de perforación (7).

**Tabla 3. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jack Leg RMP – S83FX**

Especificación	Detalle
<b>Motor y operación</b>	
Tipo de motor	Neumático
Consumo de aire	145 cfm (pies cúbicos por minuto) a 90 psi
Presión de trabajo	90-110 psi
Carrera del pistón	3.25 pulgadas
<b>Rendimiento</b>	
Frecuencia de golpeo	2,600 golpes por minuto
Velocidad de rotación	300-400 rpm
Diámetro de perforación	1.25 a 2 pulgadas
<b>Dimensiones y peso</b>	
Peso	83 libras (37.6 kg)
Longitud total	26 pulgadas
<b>Brocas y adaptadores</b>	
Tipo de broca	Brocas de carburo de tungsteno
Sistema de sujeción de la broca	Adaptador hexagonal de 7/8 pulgadas
<b>Pata de apoyo (Jackleg)</b>	
Longitud extensible	4 a 6 pies
Presión de operación de la pata	90-110 psi
<b>Características adicionales</b>	
Sistema de lubricación	Lubricador en línea
Reductor de vibración	Diseño ergonómico
Materiales de construcción	Aleaciones de alta resistencia

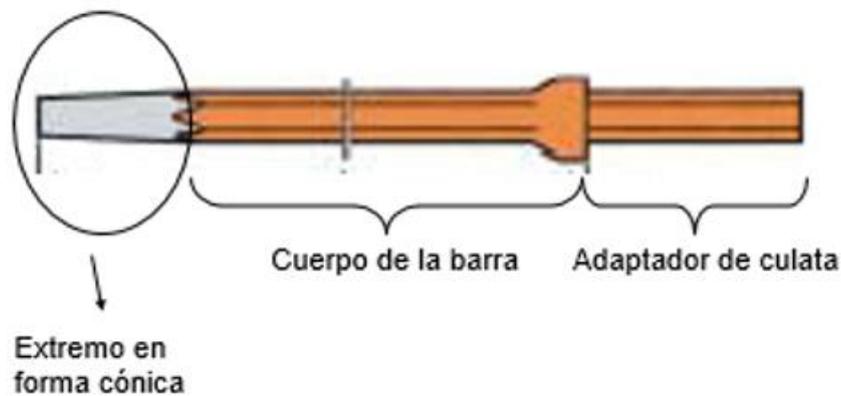
*Tomada de perforadora Jack Leg RNP Modelo RN-250X (7).*

## 2.4.2 Accesorios de perforación barra y broca cónica

### a) Entre los accesorios de perforación tenemos:

- **Barras cónicas**

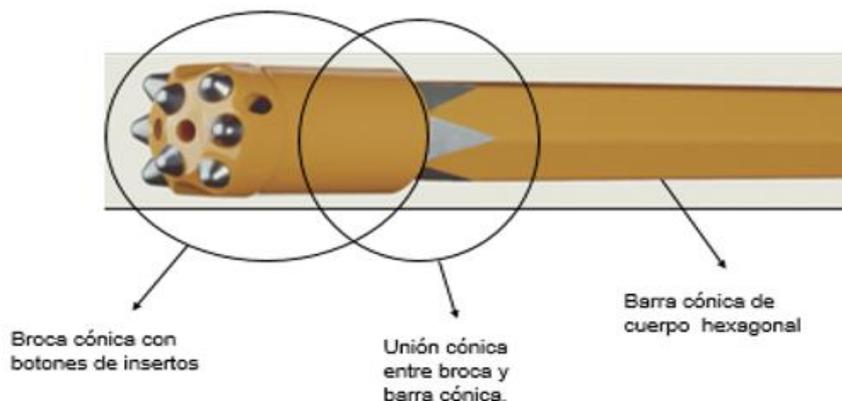
Las brocas, que entran en contacto directo con la roca, están diseñadas para perforar agujeros y vienen en diferentes tipos y tamaños según la dureza y características de la roca entre ellas se cuenta de 2, 4, 6, 8 pies. Las brocas cónicas se utilizan para perforaciones que requieren precisión y control, permitiendo una penetración eficaz y una vida útil prolongada en condiciones de alta resistencia.



*Figura 3. Partes de una barra cónica  
Tomada de Epiroc Perú S.A.*

- **Brocas descartables**

Las barras cónicas conectan la broca con el equipo de perforación. Tienen una forma cónica en un extremo para facilitar una conexión segura y estable con la broca. Están diseñadas para soportar altas tensiones y fuerzas de impacto, garantizando la transmisión eficiente de la energía de la máquina de perforación a la broca, los tamaños en general son de 36, 37 y 38 mm a más.



*Figura 4. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca  
Tomada de Epiroc Perú S.A.*

### 2.4.3 Tipos de fallas en la perforación de las barras y brocas cónicas

En la siguiente tabla se muestra los tipos de fallas en la perforación de las barras y brocas cónicas.

**Tabla 4. Tipos de fallas en la perforación de las barras y brocas cónicas**

Tipo de Falla	Causa	Efecto
Desgaste por abrasión	Contacto continuo con material duro y abrasivo	Reducción gradual del diámetro y la efectividad de la broca, perforaciones menos precisas y más lentas
Rotura de barras	Sobrecargas, uso inadecuado	Interrupciones en la operación, necesidad de reemplazo y posibles daños a otros componentes del equipo
Deformación plástica	Aplicación de fuerzas excesivas o repetidas	Pérdida de alineación y precisión en la perforación, posible rotura de la barra cónica
Fatiga del material	Cargas cíclicas repetidas durante la perforación	Grietas y fallas en la broca o barra cónica, fallos repentinos y potencialmente peligrosos
Desgaste de insertos de carburo	Fricción intensa con la roca, mal control de parámetros de perforación	Pérdida de la capacidad de corte de la broca, aumento del tiempo de perforación, mayor consumo de energía
Daños por impacto	Colisiones con materiales extremadamente duros, contacto brusco	Astillado o fractura de la broca, daños en la estructura de la barra cónica
Corrosión	Exposición a ambientes húmedos y químicos corrosivos	Debilitamiento del material, pérdida de integridad estructural, aumento del riesgo de fallas mecánicas
Desalineación	Montaje incorrecto, desgaste irregular	Perforaciones desviadas, aumento del desgaste, riesgo de rotura

## **2.6 Definición de términos**

- **Contrato metro perforado**

Es un acuerdo entre una empresa de perforación y una empresa minera u otro cliente en el que el pago se basa en la cantidad de metros perforados durante un período de tiempo determinado. El contrato contiene términos y condiciones, como el precio por metro perforado, los requisitos de seguridad, las responsabilidades de cada parte y cualquier otra cláusula relevante para la prestación del servicio de perforación (8).

- **Mantenimiento de aceros**

El afilado de las brocas utilizadas en la minería, el objetivo de este proceso es restaurar los bordes de corte de las brocas para que puedan continuar perforando, se realiza una inspección visual para detectar daños o desgastes potenciales, lo que permite realizar reparaciones o reemplazos según sea necesario para garantizar la integridad estructural de la broca (8).

- **Columna de perforación**

Se compone de una broca y una barra cónica que se sitúan en el equipo Jackleg (8).

- **Supervisión de campo**

Consiste en la supervisión directa de las operaciones mineras en el sitio, lo que implica supervisar y dirigir las operaciones diarias para garantizar que se cumplan los objetivos de producción, seguridad y calidad (8).

- **Evaluación de roturas y daños**

Es un proceso crucial, consiste en inspeccionar visualmente estas herramientas para encontrar cualquier tipo de fractura, desgaste o deformación que pueda afectar su rendimiento o seguridad durante la perforación (8).

- **Sobreperforación**

La sobreperforación se produce cuando las brocas experimentan un desgaste superior al 33%, lo que resulta en una reducción en la durabilidad tanto de las brocas como de las brocas rimadoras (8).

- **Estadísticas de vida útil**

Los datos recopilados y analizados producto de la perforación con el equipo Jackleg en campo de la vida útil de los aceros de perforación son registrados en cada guardia de trabajo (8).

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Método y alcances de la investigación**

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

a) Método general o teórico de la investigación

Esta investigación se utiliza el método científico, ya que la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación ayudara a reducir el costo productivo del tajeo 6520 Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

b) Método específico de la investigación

El método específico para emplear es el método experimental deductivo, porque al realizar la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación se podrá reducir el costo productivo del tajeo 6520 Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

#### **3.1.2 Alcance de la investigación**

a) Tipo de investigación

Es aplicada, porque el objetivo de la investigación es realizar la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación con la finalidad reducir el costo productivo del tajeo 6520 Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S. A.

b) Nivel de investigación

Es descriptivo, porque para realizar la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación se podrá reducir el costo productivo del tajeo 6520 Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S. A.

### **3.2 Diseño de la investigación**

Es experimental.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Todos los tajeos de la Compañía Minera Poderosa S.A.

#### **3.3.2 Muestra**

El tajeo 6520 del Nivel 2760 del método de minado *open stoping* de la Compañía Minera Poderosa S.A.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

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

Observación: se llevará a cabo la recolección de datos in situ mediante la técnica observacional, enfocándose en los datos actuales de perforación y voladura, representados por el método de minado Open Stopping en el tajeo 6520, Nivel 2760, de la Compañía Minera Poderosa S.A.

Recopilación: se recopilarán datos sobre perforación, factores y parámetros, así como el control de uso y consumo utilizando el programa Excel. Además, se utilizarán tesis, libros y una laptop para procesar los datos recopilados.

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

- ✓ Informes
- ✓ Publicaciones
- ✓ Tesis
- ✓ Planos
- ✓ Fichas
- ✓ Libros
- ✓ Internet
- ✓ PC

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Desarrollo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación para reducir el costo productivo del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S. A.

La estandarización de las herramientas de perforación en campo se refiere a la aplicación y cumplimiento de estándares específicos de la empresa durante el proceso de perforación en el método de minado *open stoping* del tajeo 6520, nivel 2760, en la siguiente figura se muestra la metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación.

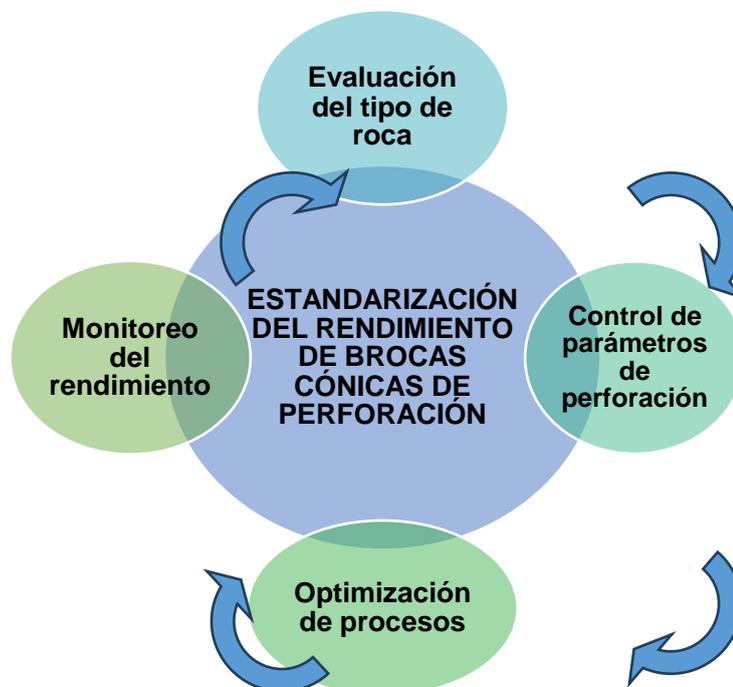
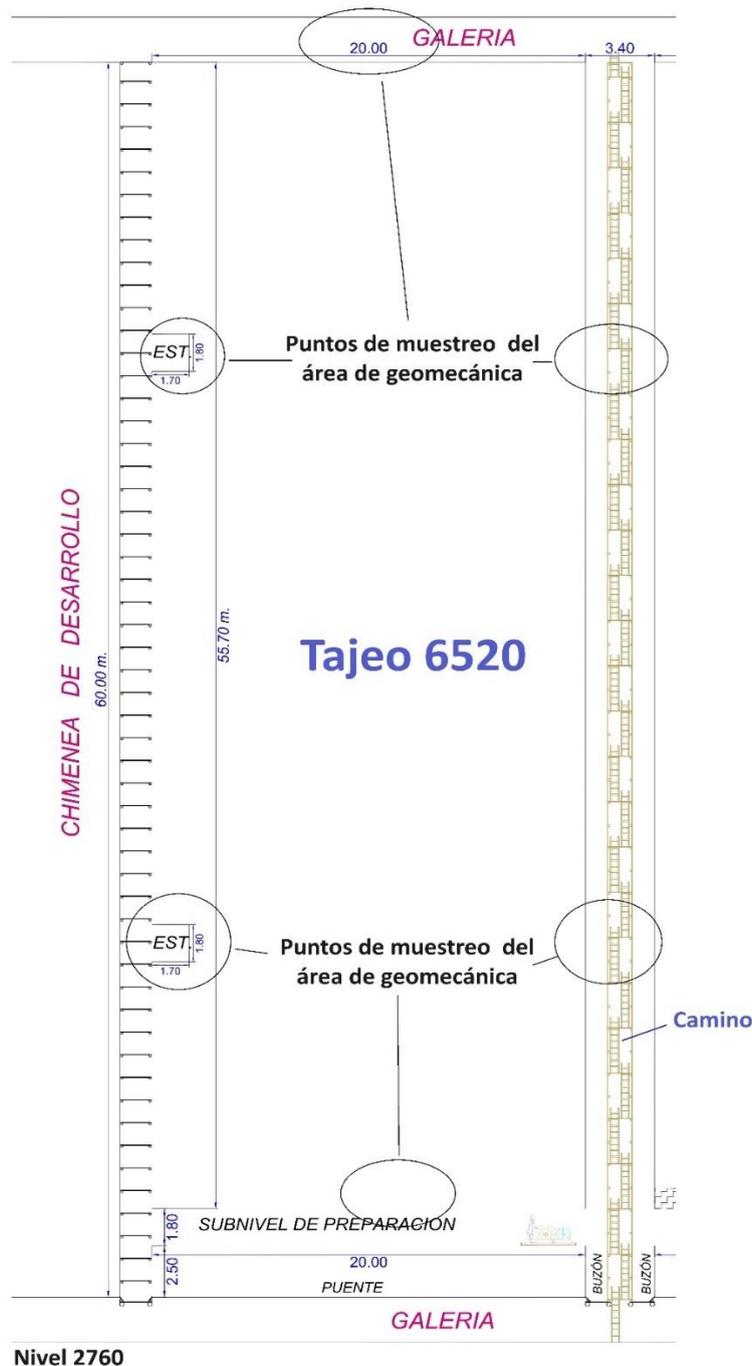


Figura 5. Metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación.

La metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación cuenta con 4 factores de mejora continua como se muestra a continuación:

**a) Evaluación del tipo de roca**

La evaluación del tipo de roca en el tajeo 6520 del nivel 2760 se seleccionó una zona representativa del tajeo por las estocadas proporcional a las dimensiones del tajeo, también en relación a la galería superior e inferior y a lo largo de la chimenea de triple compartimiento. En la siguiente figura se da a conocer el muestreo del tipo de roca en el tajeo 6520 del nivel 2760.



**Figura 6. Muestreo del tipo de roca en el Tajeo 6520 del Nivel 2760**

- **Objetivo:** determinar las características geomecánicas de la roca en el tajeo 6520 del nivel 2760 para optimizar las operaciones de perforación, voladura y sostenimiento.
- **Área de muestreo:** se selecciona el tajeo 6520 en el nivel 2760 del tajo minero como área de estudio son las 2 estocadas realizadas en la zona norte, también en relación a la Galería superior e inferior y a lo largo de la chimenea de triple compartimiento.
- **Análisis de la clasificación del macizo rocoso RMR:** el muestreo y mapeo geomecánico del tipo de roca en el tajeo 6520 del Nivel 2760 con evaluación RMR proporciona una evaluación integral de la calidad del macizo rocoso, permitiendo una planificación minera precisa y la implementación de medidas de seguridad efectivas.

#### **b) Control de parámetros de perforación**

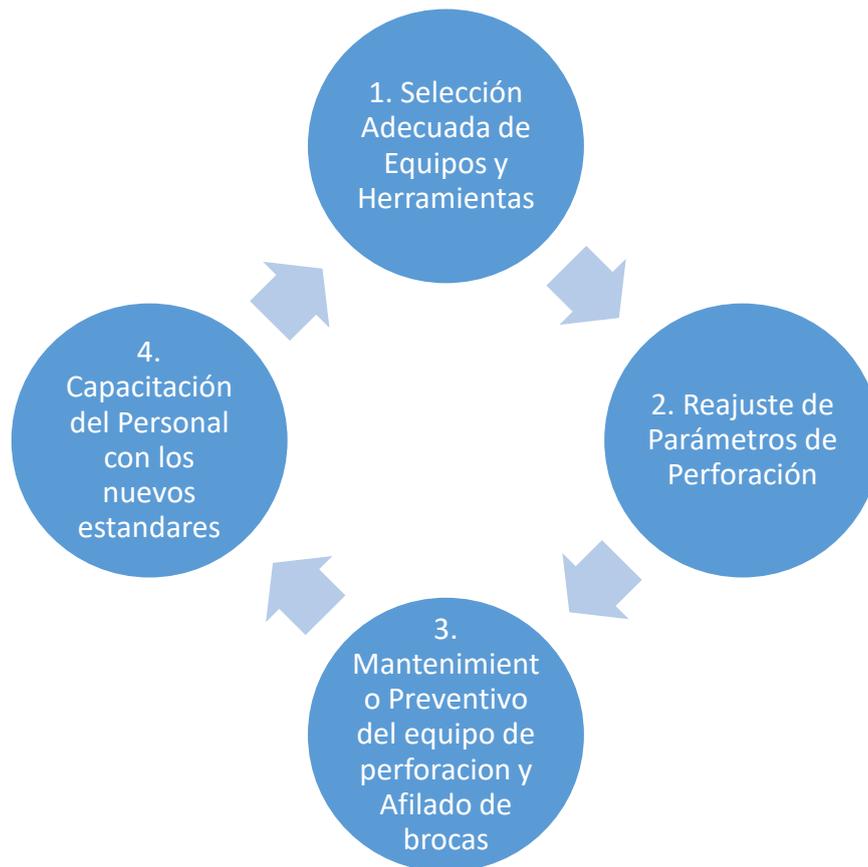
El control de los parámetros de perforación y los rendimientos de la barra y la broca cónica en el tajeo 6520 del nivel 2760 están estrechamente relacionados con la vida útil de estas herramientas. Ajustar y monitorear adecuadamente los parámetros de perforación, como la velocidad de perforación, la presión de alimentación y la velocidad de rotación, puede prolongar la vida útil de las barras y las brocas cónicas, resultando en mayor eficiencia operativa y menores costos de mantenimiento.

Factores cruciales incluyen la selección correcta de la velocidad de perforación, la presión de alimentación y la velocidad de rotación, así como mantener un flujo adecuado de agua para refrigerar y lubricar las herramientas, evitando sobrecalentamiento y desgaste prematuro. Realizar seguimientos regulares del desgaste y llevar a cabo inspecciones periódicas para detectar daños o deformaciones son prácticas esenciales para asegurar una vida útil óptima.

La recopilación de datos sobre el desempeño de las herramientas durante las operaciones de perforación proporciona información valiosa para mejorar las prácticas y maximizar la eficiencia en el tajeo.

#### **c) Optimización de procesos de perforación**

La optimización de los procesos de perforación en el tajeo 6520 del nivel 2760, enfocándose en los rendimientos de la barra y broca cónica y la vida útil, se muestra en la siguiente figura



*Figura 7. Optimización de procesos perforación en el Tajeo 6520 del Nivel 2760*

- Selección adecuada de equipos y herramientas: broca y barra cónica adecuada para el el Tajeo 6520 del Nivel 2760.
- Reajuste de parámetros de perforación: control y mejora de los parámetros de perforación
- Mantenimiento preventivo del equipo de perforación y afilado de brocas: inspección de barra y broca cónica y equipo Jackleg
- Capacitación del personal con los nuevos estándares: entrenamiento en técnicas de perforación y conocimiento de parámetros operativos como de vida útil de la broca y barra cónica.

#### **d) Monitoreo del rendimiento de la perforación**

El monitoreo del rendimiento de la perforación con brocas y barras cónicas implica un análisis detallado de varios parámetros clave para evaluar y comparar su eficiencia y durabilidad en el tajeo 6520 del nivel 2760, como se muestra a continuación:

- La cantidad utilizada en unidades de broca y barra cónica
- El rendimiento de campo en metros perforados de broca y barra cónica
- El rendimiento de contrato en metros perforados de broca y barra cónica
- El cumplimiento en porcentaje en relación al rendimiento de campo y el rendimiento de contrato en metros perforados

- El costo unitario en dólares de la broca y barra cónica
- El costo total por consumo en dólares de la broca y barra cónica
- El costo por metro perforado de la broca y barra cónica

#### 4.2 Caracterización geomecánica de las labores de explotación para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del tajeo 6520, nivel 2760

En la siguiente figura, se muestra la caracterización geomecánica del tajeo 6520 del nivel 2760, después de realizar el mapeo geomecánico.

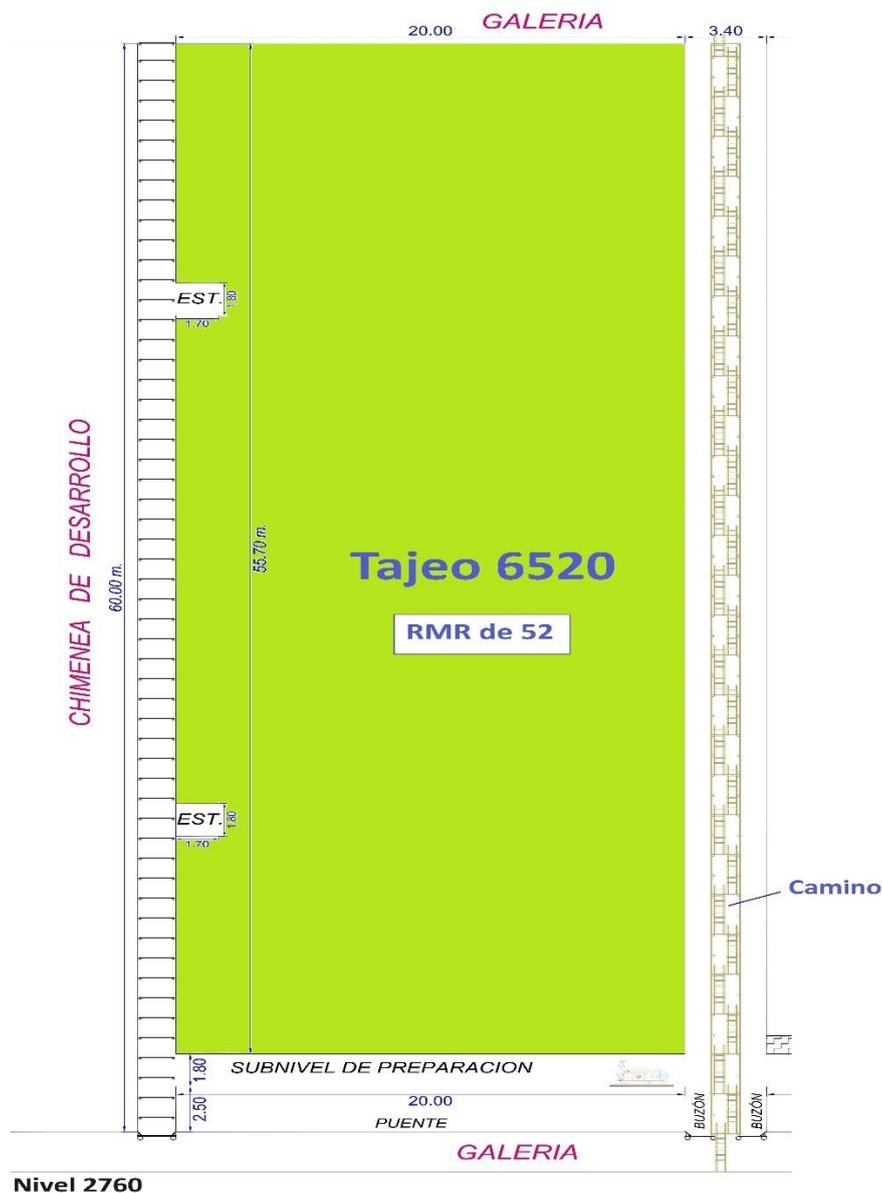


Figura 8. Caracterización geomecánica del tajeo 6520 del nivel 2760

#### 4.2.1 Zonificación geomecánica en la veta

A continuación, se presenta la tabla de clasificación Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski del Tajeo 6520 del Nivel 2760.

**Tabla 5. Clasificación geomecánica (RMR), zonificación geomecánica en la veta del tajeo 6520 del nivel 2760 en promedio**

Parámetro	Valor Medido	Rango RMR	Puntuación RMR
Resistencia de la roca intacta	60 MPa	50-75 MPa	7
RQD (Rock Quality Designation)	60%	50-75%	13
Espaciamiento de discontinuidades	0.6 metros	0.6-2 m	10
Condición de las discontinuidades	Superficies ligeramente rugosas, ligeramente alteradas	Ligeramente rugosas, ligeramente alteradas	20
Condiciones de agua subterránea	Húmedo	Húmedo	7
Orientación de las discontinuidades	Desfavorable	Desfavorable	-5
Cálculo del RMR Total			52

El RMR en promedio es de 52, es de "calidad media" según la clasificación de Bieniawski. Este valor indica que el macizo rocoso es moderadamente competente, pero puede requerir soporte adicional dependiendo de la escala y condiciones de la excavación.

#### 4.2.2 Zonificación geomecánica en la caja piso y caja techo

A continuación, se presenta la tabla de clasificación Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski del tajeo 6520 del nivel 2760.

**Tabla 6. Clasificación geomecánica (RMR), zonificación geomecánica en la caja piso y caja techo del tajeo 6520 del nivel 2760 en promedio**

Parámetro	Valor Medido	Rango RMR	Puntuación RMR
Resistencia de la roca intacta	60 MPa	50-75 MPa	7
RQD (Rock Quality Designation)	75%	75-100%	17
Espaciamiento de discontinuidades	0.7 metros	0.3 a 1 m	15
Condición de las discontinuidades	Superficies ligeramente rugosas, ligeramente alteradas	Ligeramente rugosas, ligeramente alteradas	22
Condiciones de agua subterránea	Húmedo	7-10	8
Orientación de las discontinuidades	Moderada a desfavorable	-5 a -12	-5
Cálculo del RMR Total			64

Un RMR en promedio es de 64 clasifica el macizo rocoso como de "calidad media" según la clasificación de Bieniawski. Este valor indica que el macizo rocoso es moderadamente competente, pero puede requerir soporte adicional dependiendo de la escala y condiciones de la excavación.

- **Resumen de la zonificación geomecánica en la veta y en la caja piso y caja techo del tajeo 6520 en el nivel 2760**

Se realizó el mapeo geomecánico de las labores de desarrollo a fin de determinar la caracterización geomecánica del tajeo 6520 en el nivel 2760 para la estandarización de la broca y barra cónica utilizadas. En la siguiente tabla se muestra la evaluación de la caracterización geomecánica para la aplicación del método de minado por *open stoping*.

**Tabla 7. Evaluación de la caracterización geomecánica para la aplicación del método de minado por open stoping**

Zonificación		Caja piso y caja techo	Veta
Evaluación del GSI	Tipo de roca	F/R	F/R
	Calidad	IIIA	IIIB
Evaluación de Bieniawski	Tipo de roca	IIIA	IIIB
	Rango RMR	64	52
	Calidad del RMR	Regular A	Regular B
	Tiempo de sostenimiento	Inmediatamente	Inmediatamente
Tajeo		6520	
Ancho de minado		1.12	
Buzamiento (°)		65	
Tipo de roca		III A - regular	
Ley (gr Au/Tm)		12.77	

### Interpretación

De la tabla se muestra lo siguiente:

- En la caja piso y caja techo se identificó un tipo de roca regular A con RMR promedio de 64, con fracturamiento regular, con sostenimiento inmediato.
- En la veta o zona mineralizada se identificó un tipo de roca regular B con promedio de RMR de 52, con fracturamiento regular, con sostenimiento inmediato.

### 4.2.3 Análisis del estado situacional del rendimiento de brocas cónica y barras cónica

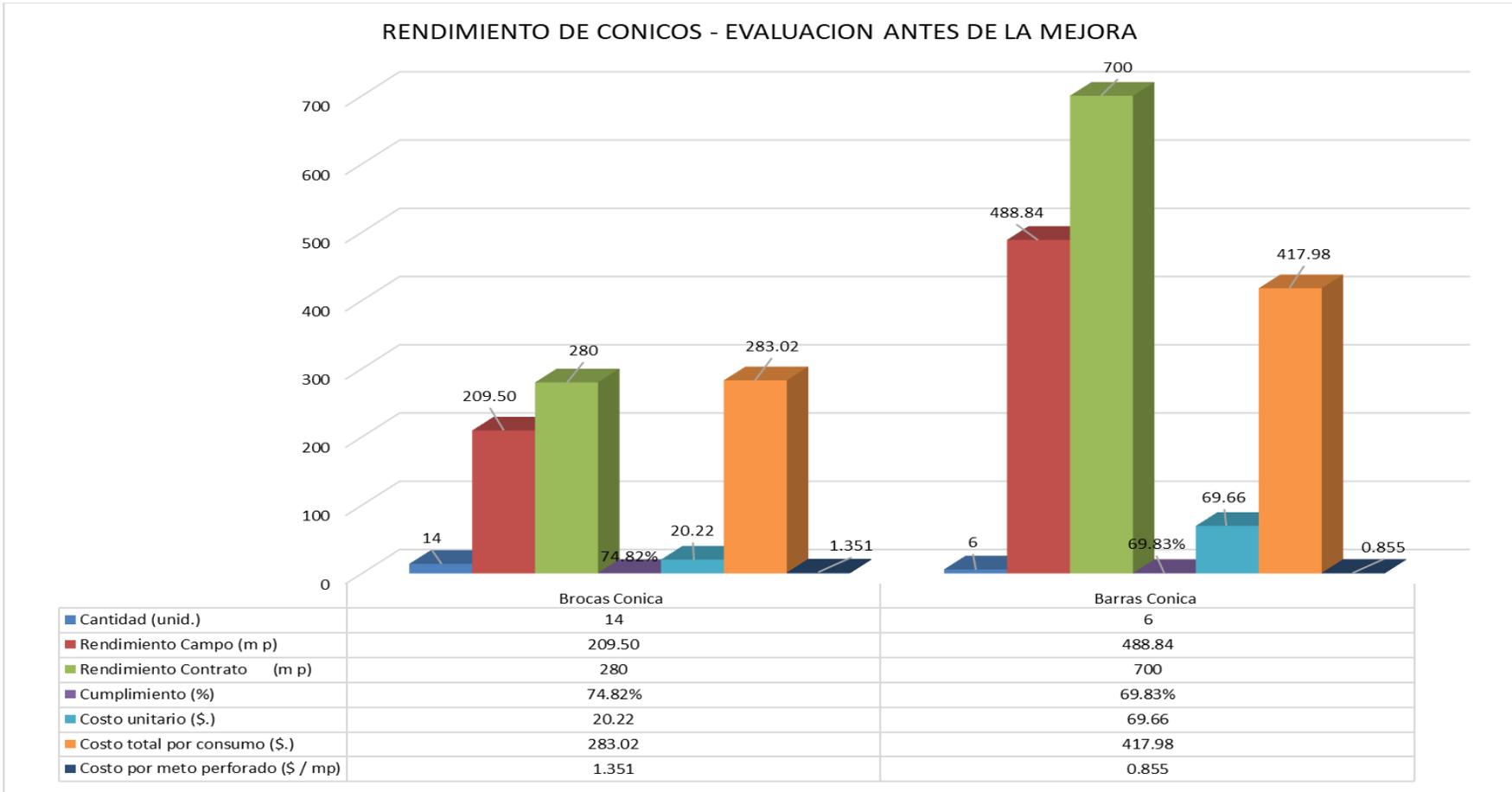
Las malas prácticas operativas en los parámetros de la perforación como es el mal emboquillado y el control inadecuado de la percusión, rotación, empuje de avance y barrido causaron los siguientes rendimientos en la actividad de la perforación del TAJEO 6520 EN EL NIVEL 2760. En la siguiente tabla se muestra el estado situacional del rendimiento de brocas y barras cónicas.

**Tabla 8. Estado situacional del rendimiento de brocas cónica y barras cónica utilizadas en el método de minado por open stoping**

Método de minado	Nivel	Fecha	Guardia	Labor	Sección	Perforadora	Barra (pies)	Cantidad de taladros	Avance efectivo (m)	Metros perforados (mp)	Descarte de aceros - brocas cónicas (unid.)	Descarte de aceros - brocas cónicas (unid.)
Open stoping	2760	1/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.02	33.50	1	
Open stoping	2760	1/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.05	34.53		
Open stoping	2760	2/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60		
Open stoping	2760	2/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.09	36.04		
Open stoping	2760	3/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60	1	1
Open stoping	2760	3/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.11	36.64		
Open stoping	2760	4/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.45		
Open stoping	2760	4/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	34.82		
Open stoping	2760	5/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	35.09	1	
Open stoping	2760	5/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.09	36.07		
Open stoping	2760	6/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.08	35.69		1
Open stoping	2760	6/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.03	33.85		
Open stoping	2760	7/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00	1	
Open stoping	2760	7/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.41		
Open stoping	2760	8/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.07	35.15	1	
Open stoping	2760	8/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.07	35.35		1
Open stoping	2760	9/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	35.04		
Open stoping	2760	9/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.08	35.74	1	
Open stoping	2760	10/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.02	33.66		

Open stoping	2760	10/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60	
Open stoping	2760	11/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	32.94	
Open stoping	2760	11/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00	1
Open stoping	2760	12/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.30	
Open stoping	2760	12/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.32	
Open stoping	2760	13/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.30	
Open stoping	2760	13/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.23	1
Open stoping	2760	14/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.24	41.03	1
Open stoping	2760	14/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.19	39.39	
Open stoping	2760	15/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.16	1
Open stoping	2760	15/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.39	
Open stoping	2760	16/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.28	
Open stoping	2760	16/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.05	34.80	1
Open stoping	2760	17/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.11	36.59	
Open stoping	2760	17/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.30	42.90	
Open stoping	2760	18/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.07	35.38	1
Open stoping	2760	18/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.45	
Open stoping	2760	19/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.19	1
Open stoping	2760	19/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60	1
Open stoping	2760	20/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.45	
Open stoping	2760	20/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.05	
Open stoping	2760	21/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.09	35.87	
Open stoping	2760	21/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.05	34.58	

Open stoping	2760	22/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00	1	
Open stoping	2760	22/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	35.04	1	
Open stoping	2760	23/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.20		
Open stoping	2760	23/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00		
Open stoping	2760	24/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.46	1	
Open stoping	2760	24/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.30		
Open stoping	2761	25/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.03		
Open stoping	2762	25/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.20		
Open stoping	2763	26/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00		
Open stoping	2764	26/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00		
							Total	1584	55.7	1706	14	6



*Figura 9. Rendimiento de brocas y barras cónicas evaluación antes de la mejora*

**Interpretación:**

De la figura se puede observar lo siguiente:

- La cantidad de consumo de brocas cónicas es de 14, con un rendimiento en campo de 209.50 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 74.82% el cual es muy deficiente y el costo por metro perforado es de 1.35 \$ / mp, el cual es muy desfavorable en la rentabilidad.
- La cantidad de consumo de barras cónicas es de 6, con un rendimiento en campo de 488.84 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 69.83% el cual es muy deficiente y el costo por metro perforado es de 0.86 \$ / mp, el cual es muy desfavorable en la rentabilidad.

**4.2.4 Análisis de la optimización de rendimiento de las brocas y barras cónicas**

Para la estandarización se tuvo que realizar una evaluación de consumo según el tipo de roca a perforar mencionadas en la evaluación geomecánica de la tabla N 5 y la tabla N 6 anteriormente, las condiciones del equipo y eficiencia de perforación del personal a cargo, con la finalidad de mejorar los rendimientos de la broca y barra cónica se muestran a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 9. Mejora del rendimiento de las brocas y barras cónicas utilizadas en el método de minado por open stoping**

Método de minado	Nivel	Fecha	Guardia	Labor	Sección	Perforadora	Barra (pies)	Cantidad de taladros	Avance efectivo (m)	Metros perforados (mp)	Descarte de aceros - brocas cónicas (unid.)	Descarte de aceros - barras cónicas (unid.)
Open stoping	2760	27/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.51		
Open stoping	2760	27/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.76		
Open stoping	2760	28/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.91		
Open stoping	2760	28/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.01		
Open stoping	2760	29/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.50	1	
Open stoping	2760	29/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.12		
Open stoping	2760	30/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.97		1
Open stoping	2760	30/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.90	1	
Open stoping	2760	31/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.90		
Open stoping	2760	31/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.98		
Open stoping	2760	1/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.96	1	
Open stoping	2760	1/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.51	49.91		
Open stoping	2760	2/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.93		
Open stoping	2760	2/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.99	1	
Open stoping	2760	3/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.51	49.88		
Open stoping	2760	3/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.68		
Open stoping	2760	4/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.93	1	1

Open stoping	2760	4/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.53		
Open stoping	2760	5/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.92		
Open stoping	2760	5/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.90	1	
Open stoping	2760	6/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.53		
Open stoping	2760	6/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.10		
Open stoping	2760	7/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.82		
Open stoping	2760	7/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.88		
Open stoping	2760	8/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.86		
Open stoping	2760	8/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.08	1	1
Open stoping	2760	9/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.96		
Open stoping	2760	9/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.47	48.45		
Open stoping	2760	10/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.99		
Open stoping	2760	10/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.98	1	
Open stoping	2760	11/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.47	48.65		
Open stoping	2760	11/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.47	48.44		
Open stoping	2760	12/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.54		
Open stoping	2760	12/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.46	48.30	1	
Open stoping	2760	13/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.28		1
Open stoping	2760	13/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.49	1	
Open stoping	2760	15/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.41	46.43		
Open stoping	2760	15/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00		
							Total	1254	55.7	1837	10	4

**Tabla 10. Análisis de la vida útil de brocas y barras cónicas de 6 pies**  
 Vida útil de brocas (*tipo esférico 38 mm*) y barra cónica de 6 pies

Tipo de roca	Condiciones			
	Vida útil en promedio (m)	Po AIRE (PSI)	Po AGUA (PSI)	Condiciones del equipo Jackleg
En la veta (granito, granodiorita y diorita)	Broca cónica	280	75	óptima
	Barra cónica	700	56	



Una vez analizado el diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 6520 en el nivel 2760, se procedió a realizar los siguientes cálculos:

**a) Análisis teórico del cálculo del total de metros perforados por corte**

En la siguiente fórmula se muestra el cálculo del total de metros perforados por corte:  
Total, de metros perforados = número de taladros x longitud de barra x factos de conversión de pies a metros x eficiencia de perforación x eficiencia de voladura.

**Reemplazando la fórmula**

$$\text{Total, de metros perforados} = 33 \times 6 \times 0.3048 \times 90\% \times 90\%$$

$$\text{Total, de metros perforados por corte} = 48.88 \text{ metros}$$

• **Cálculo total de metros perforados por mes**

Los disparos por guardia es una vez, siendo por día dos disparos. El total de disparos por mes es de 60 disparos

En la siguiente fórmula se muestra el cálculo del total, de metros perforados por mes:

Total, de metros perforados por mes = Total, de metros perforados por corte x número de disparos al mes

**Reemplazando la fórmula**

$$\text{Total, de metros perforados por mes} = 48.88 \text{ metros} \times 60$$

$$\text{Total, de metros perforados por mes} = 2933.03 \text{ metros}$$

• **Cálculo del consumo de brocas por mes**

En la siguiente fórmula se muestra el cálculo del consumo de brocas por mes:

$$\text{Consumo de brocas por mes} = \frac{\text{Total, de metros perforados mensual}}{\text{vida útil de la broca}}$$

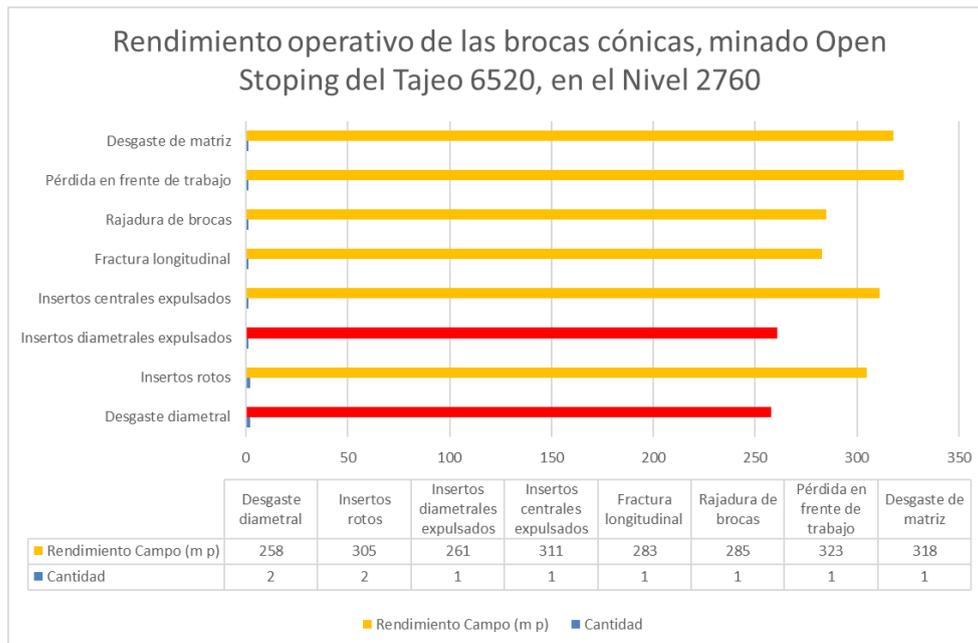
**Reemplazando la fórmula**

$$\text{Consumo de brocas mensual} = \frac{2933.03 \text{ metros}}{280 \text{ metros}}$$

$$\text{Consumo de brocas cónicas por mes} = 10 \text{ brocas}$$

• **Comparación del rendimiento en campo *in situ* de las brocas cónicas del tajeo 6520 en el nivel 2760**

En la siguiente tabla, se muestra el rendimiento operativo de las brocas cónicas, minado *open stoping* del tajeo 6520 en el nivel 2760.



**Figura 11. Rendimiento operativo de las brocas cónicas, minado open stopping del tajeo 6520, en el nivel 2760**

**Interpretación:**

De los tipos de descartes que se obtuvieron en la operación 3 brocas cónicas no cumplieron con la vida útil, mientras 7 brocas cónicas han sobrepasado la vida útil, siendo en promedio un rendimiento de 293.30 metros perforados ya que la vida útil de la broca cónica es de 280 metros perforados.

**b) Análisis teórico del cálculo del consumo de barras cónicas por mes**

En la siguiente fórmula se muestra el cálculo del consumo de barras por mes:

Consumo de barras cónicas por mes = Total, de metros perforados mensual / vida útil de la barra cónica

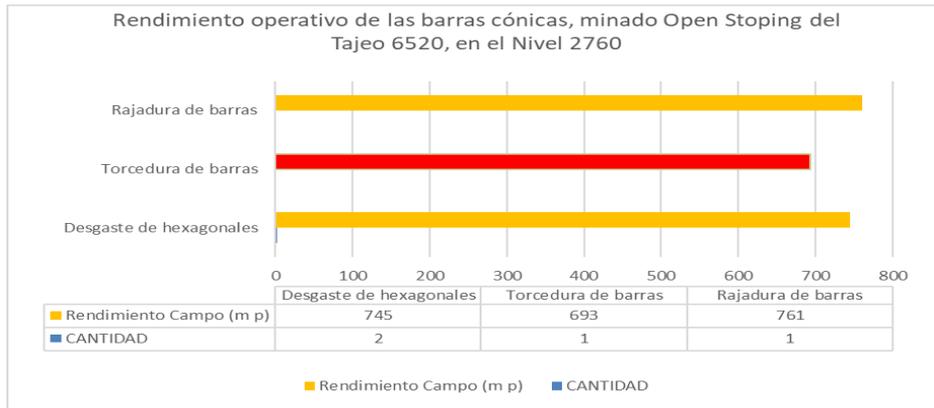
**Reemplazando la fórmula**

$$\text{consumo de barras cónicas por mes mensual} = \frac{2933.03 \text{ metros}}{700 \text{ metros}}$$

Consumo de brocas mensual = 4 brocas

**• Comparación del rendimiento en campo *in situ* de las barras cónicas del tajeo 6520 en el nivel 2760**

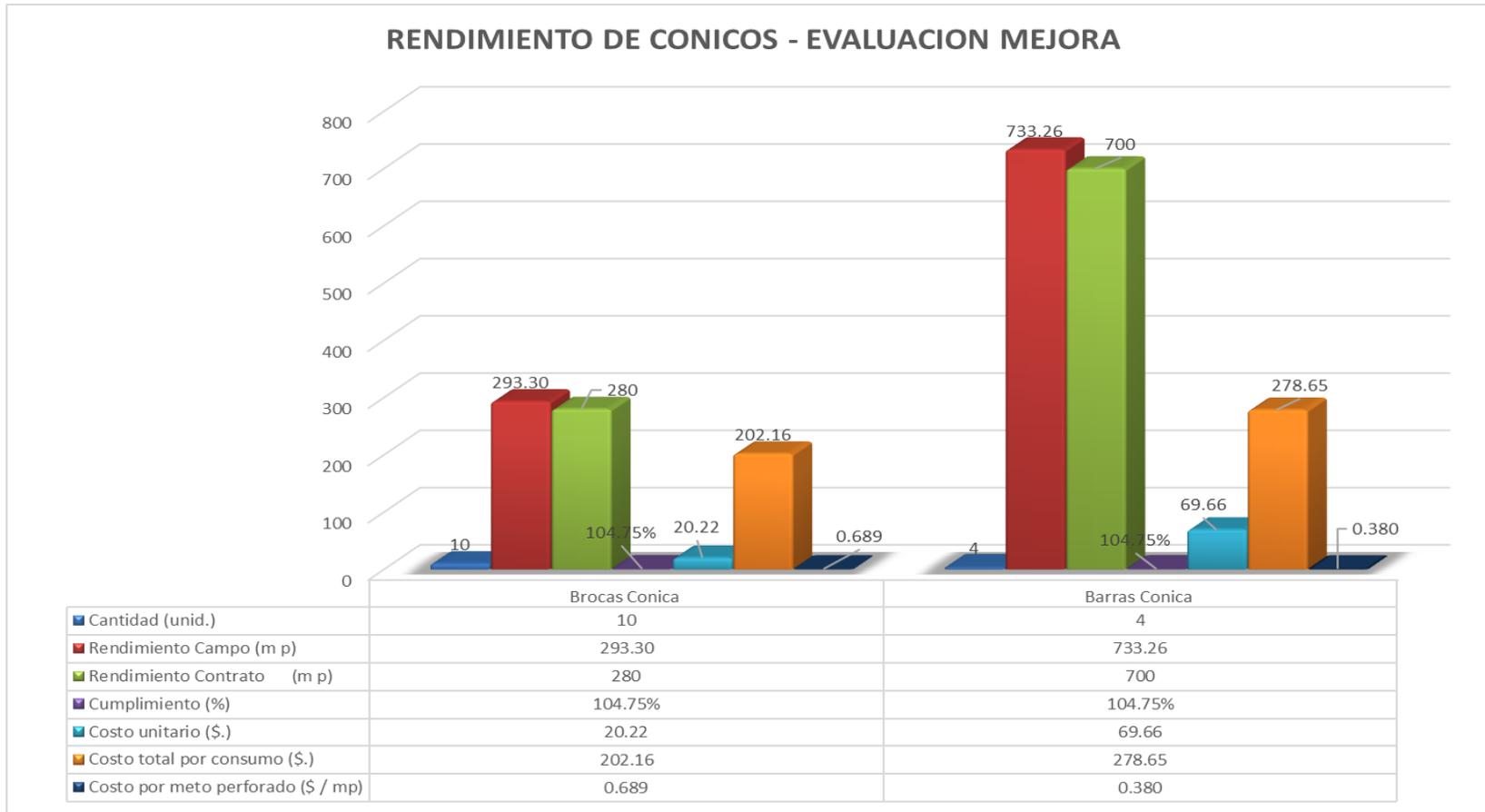
En la siguiente tabla se muestra el rendimiento operativo de las barras cónicas, *minado open stopping* del tajeo 6520, en el nivel 2760.



**Figura 12. Rendimiento operativo de las barras cónicas, minado open stopping del tajeo 6520, en el nivel 2760**

**Interpretación:**

De los tipos de descartes que se obtuvieron en la operación, 1 barra cónica no cumplió con la vida útil, mientras 3 barras cónicas restantes han sobrepasado la vida útil, siendo en promedio un rendimiento de 733.26 metros perforados ya que la vida útil de la broca cónica es de 700 metros perforados.



**Figura 13. Rendimiento de brocas y barras cónicas, evaluación antes de la mejora**

**Interpretación:**

De la figura se puede observar lo siguiente:

- La cantidad de consumo de brocas cónicas es de 10, con un rendimiento en campo de 293.30 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 104.75%, y el costo por metro perforado es de 0.69 \$ / mp, el cual es muy rentable.
- La cantidad de consumo de barras cónicas es de 4, con un rendimiento en campo de 733.26 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 104.71%, y el costo por metro perforado es de 0.38 \$ / mp, el cual es muy favorable en la rentabilidad.

**4.3 Control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica para reducir el costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760**

Una vez realizada las mejoras del consumo y rendimiento de los brocas y barras cónicas por medio de los controles de parámetros de perforación, el análisis del tipo de roca a perforar y la eficiencia de perforación de los operadores, se logró estandarizar el consumo de brocas y barras cónicas que ayudo a reducir el costo por metro perforado (\$ / mp) como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 11. Comparación del estado situacional en relación al estado de mejora de los rendimientos de brocas y barras cónicas**

	Accesorios	Cantidad (unid.)	Rendimiento campo (m p)	Rendimiento contrato (m p)	Cumplimiento (%)	Costo unitario (\$.)	Costo total por consumo (\$.)	Costo por metro perforado (\$ / mp)
Rendimiento del estado situacional	Brocas cónicas	14	209.5	280	74.82%	20.22	283.02	
	Barras cónicas	6	488.84	700	69.83%	69.66	417.98	
Rendimiento del estado de mejora	Brocas cónicas	10	293.3	280	104.75%	20.22	202.16	0.69
	Barras cónicas	4	733.26	700	104.71%	69.66	278.65	0.38

**Interpretación:**

De la tabla se aprecia la reducción del costo por metro perforado en broca cónica, de 0.49 \$ / mp, y en barra cónica de 0.17 \$/ mp, respectivamente al rendimiento de la mejora.

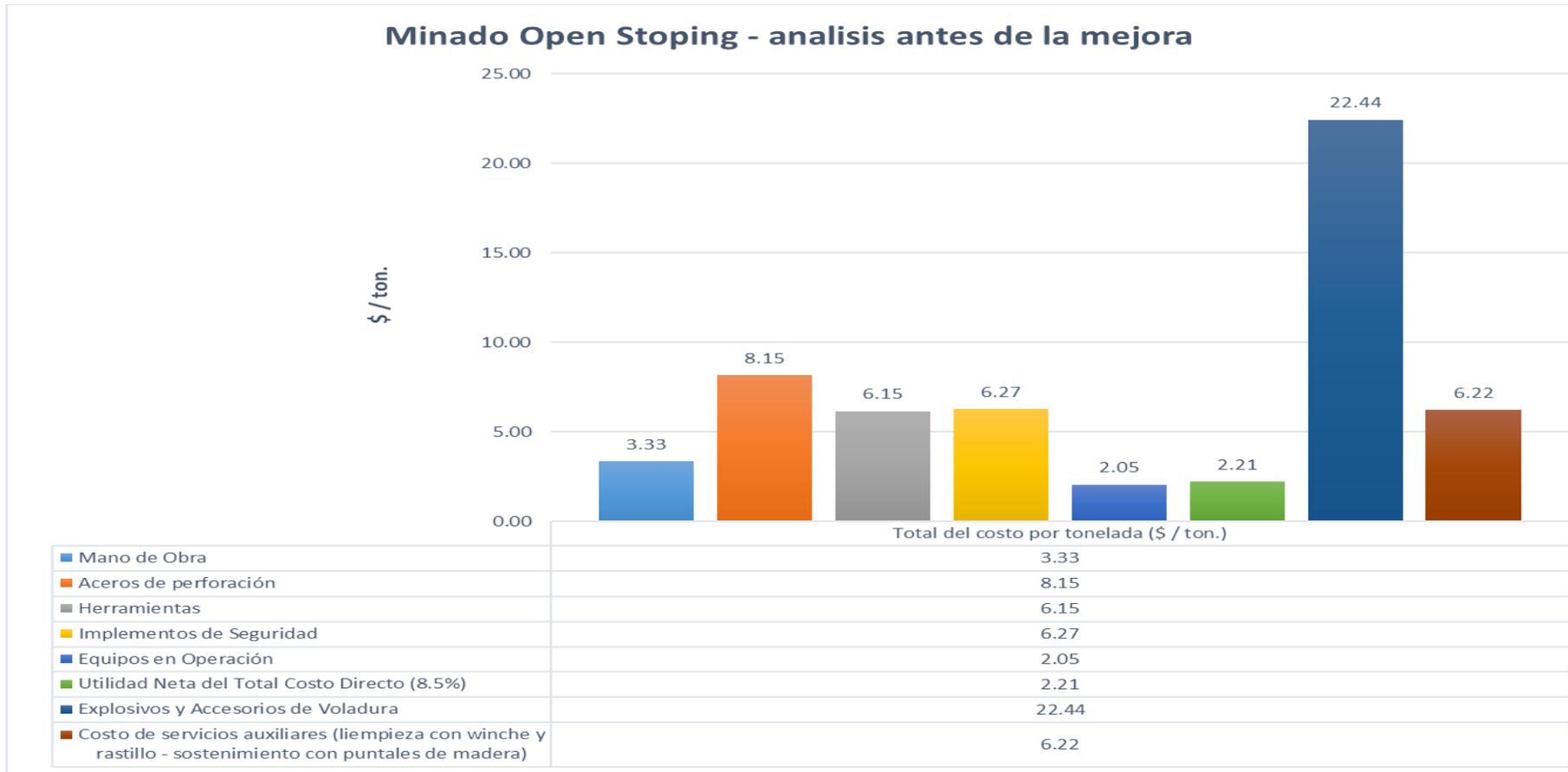
### 4.3.1 Análisis del costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760, antes de la mejora

Para determinar el costo de metro perforado, es primordial analizarlo por separado a fin de comprar en el costo productivo o el costo de explotación ya que ayudará a determinar a cuánto se ha reducido el costo por tonelada en cada corte realizado en la explotación.

En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación y voladura antes de la mejora - minado open stoping del tajeo 6520, en el nivel 2760.

EXPLORACIÓN VETA		
Open Stoping - perforacion vertical		
Parametros de perforacion y voladura		
Tipo de roca:	Regular	
Ancho Labor:	1.2	m
Longitud Labor:	10.0	m
Burden:	0.45	m
Espaciamiento:	0.90	m
Longitud de Barra:	6.0	ft
Nº taladros:	33.0	tal
Toneladas:	43.5	ton
Nº Taladros /guardia:	33.0	tal
Densidad:	3.1	ton/m3
Factor de carga:	3.22	kg/ton
Rendimiento Winche:	5.0	ton/hr
Datos Técnicos		
Eficiencia de Perforacion .	80%	
Eficiencia de disparo	80%	
Avance Efectivo	1.17	m
Tonelaje / taladro	1.32	ton
Tonelaje / Guardia	43.54	ton
Rendimiento deRelleno:	1.20	m3/gdia
Eficiencia de perforacion	1.46	m

**Figura 14. Parámetros de perforación y voladura, antes de la mejora - minado open stoping del tajeo 6520, en el nivel 2760**



**Figura 15. Resumen de la valorización del costo de minado open stopping, antes de la mejora**

### Interpretación:

El avance efectivo es de 1.17 metros, con un tonelaje disparado en cada corte de 43.54 toneladas, con este resultado deficiente se ha logrado elevar el costo de cada ítem mencionado en la figura, que en suma da como resultado el costo total por unidad valorizada con el método de minado *open stoping* de 56.81 \$ / t.

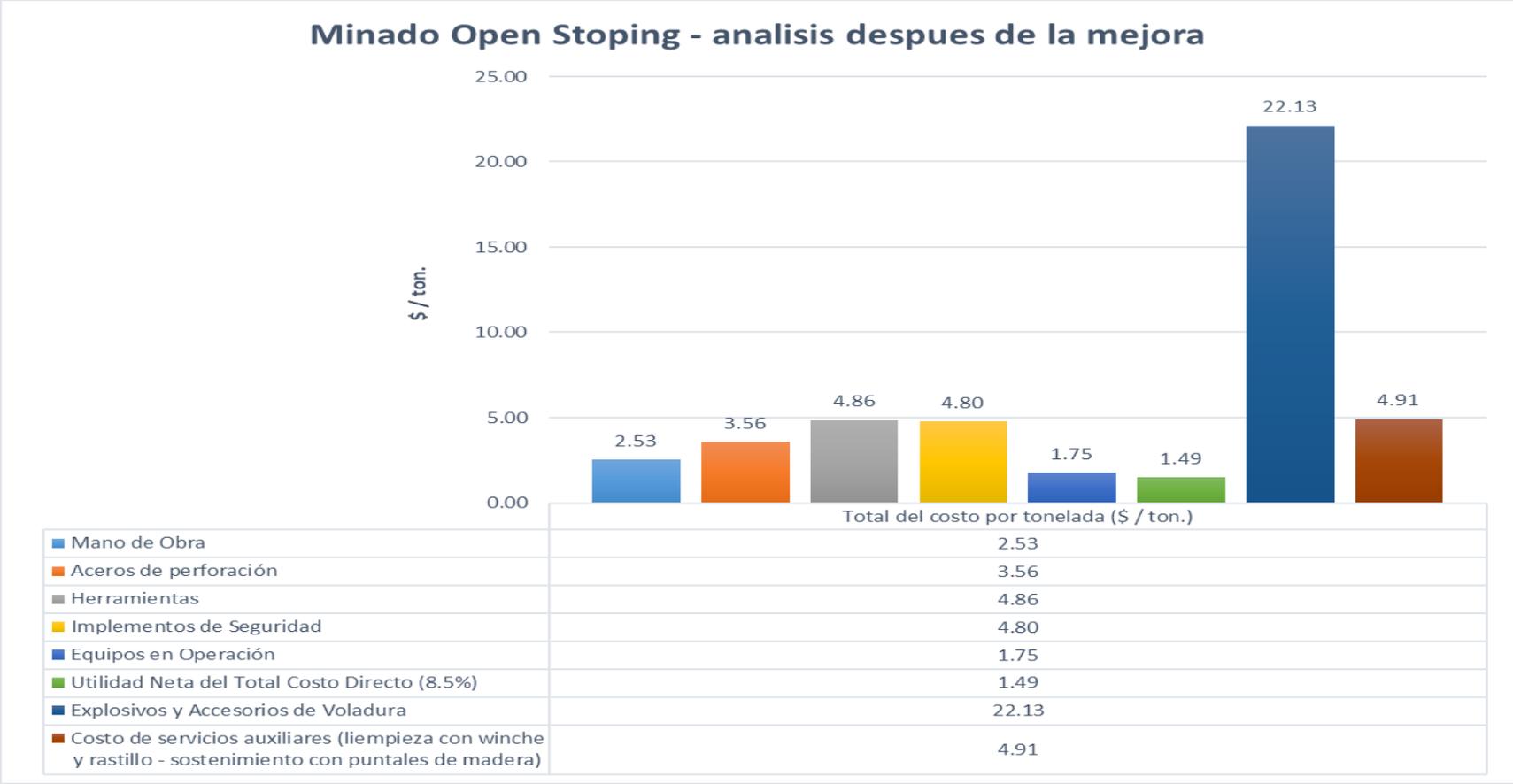
En el anexo 2 se muestra detallada la valorización del costo de minado *open stoping*, antes de la mejora.

### 4.3.2 Análisis del costo productivo en el tajeo 6520, nivel 2760, después de la mejora realizada

Después de las mejoras realizadas de los parámetros de perforación y voladura con el método de minado *open stoping* del tajeo 6520, en el nivel 2760, se obtuvieron los siguientes resultados como se muestran en la tabla siguiente:

EXPLOTACIÓN VETA		
Open Stopping - perforacion vertical		
Parametros de perforacion y voladura		
Tipo de roca:	Regular	
Ancho Labor:	1.2	m
Longitud Labor:	10.0	m
Burden:	0.45	m
Espaciamiento:	0.90	m
Longitud de Barra:	6.0	ft
Nº taladros:	33.0	tal
Toneladas:	55.1	ton
NºTaladros /guardia:	33.0	tal
Densidad:	3.1	ton/m3
Factor de carga:	3.22	kg/ton
Rendimiento Winche:	5.0	ton/hr
Datos Técnicos		
Eficiencia de Perforacion .	90%	
Eficiencia de disparo	90%	
Avance Efectivo	1.48	m
Tonelaje / taladro	1.67	ton
Tonelaje / Guardia	55.11	ton
Rendimiento deRelleno:	1.20	m3/gdia
Eficiencia de perforacion	1.65	m

Figura 16. Parámetros de perforación y voladura después de la mejora - minado *open stoping* del tajeo 6520, en el nivel 2760



*Figura 17. Resumen de la valorización del costo de minado open stoping, antes de la mejora*

### **Interpretación:**

El avance efectivo es de 1.48 metros, con un tonelaje disparado en cada corte de 55.11 toneladas, con este resultado eficiente se ha logrado disminuir el costo de cada ítem mencionado en la figura, que en suma da como resultado el costo total por unidad valorizada con el método de minado *open stoping* de 46.03 \$ / t.

En cada disparo se realiza 11 filas, obteniéndose en promedio un avance de rotura de 10 metros a lo largo del tajeo por guardia, siendo al mes 60 disparos realizados.

- La optimización por disparo es de 10.78 \$ / ton.
- El incremento de producción es de 11.57 ton
- Siendo una optimización mensual de \$ 7481.08

En el anexo 3, se muestra la valorización del costo de minado Open Stopping, con la mejora.

## **4.4 Prueba de hipótesis**

### **4.4.1. Prueba de hipótesis general**

Este trabajo de investigación cuenta con hipótesis nula y alternativa general lo siguiente:

a) Hipótesis nula:

- Ho: La estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación, no será factible ni viable para la reducción del costo productivo del Tajeo 6520 en el Nivel 2760 de la Compañía Minera Poderosa S.A.

b) Hipótesis alternativa:

- Ha: La estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación, será factible y viable para la reducción del costo productivo del Tajeo 6520 en el Nivel 2760 de la Compañía Minera Poderosa S.A.

### **4.4.2. Análisis de datos**

La hipótesis de esta investigación plantea que, si existe una diferencia significativa entre las medidas de rendimiento estandarizado de las brocas cónicas de perforación, será factible y viable reducir el costo productivo del tajeo 6520 en el nivel 2760 de la Compañía Minera Poderosa S.A., al comparar estas medidas antes y después de implementar la estandarización de las herramientas de perforación.

- **Criterios de decisión:**

- ✓ Si  $P > 0.5$ , aceptamos la Ha y rechazamos la Ho.

✓ Si  $P < 0.5$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

En la siguiente tabla se muestra la reducción de los accidentes incapacitantes temporales de los accidentes laborales de la Minera Vicus S.A.C.

**Tabla 12. Comparación de los descartes de brocas y barras cónicas de la situación actual en relación a las mejora realizadas**

Nº de días	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24
Situación actual																								
"descarte de aceros - brocas y barras cónicas" (unid.)	1	0	2	0	1	1	1	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	2	0	0	2	0	1
Situación de mejora																								
"descarte de aceros - brocas y barras cónicas" (unid.)	0	0	1	2	0	1	1	0	2	1	0	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0

## a) Prueba de normalidad de datos estadísticos

**Tabla 13. Estadísticos de muestras relacionadas**

Evaluación de escenarios		Casos					
		Válidos		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Situación actual		24	100,0%	0	0,0%	24	100,0%
Situación de mejora		18	100,0%	0	0,0%	18	100,0%

Descriptivos						
Evaluación de escenarios				Estadístico	Error típ.	
Unidades descartes	Situación actual	Media		,83	,143	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,54		
			Límite superior	1,13		
		Media recortada al 5%		,81		
		Mediana		1,00		
		Varianza		,493		
		Desv. típ.		,702		
		Mínimo		0		
		Máximo		2		
		Rango		2		
		Amplitud intercuartil		1		
		Asimetría		,244	,472	
		Curtosis		-,812	,918	
		Situación de mejora	Media		,78	,191
	Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	,38		
			Límite superior	1,18		
	Media recortada al 5%			,75		
	Mediana			1,00		
	Varianza			,654		
	Desv. típ.			,808		
	Mínimo			0		
	Máximo			2		
	Rango			2		
	Amplitud intercuartil		1			
Asimetría		,451	,536			
Curtosis		-1,284	1,038			

Pruebas de normalidad							
Evaluación de escenarios		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Unidades descartes	Situación actual	,261	24	,000	,802	24	,000
	Situación de mejora	,276	18	,001	,786	18	,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

### **Interpretación:**

En la situación actual, se dispone de 24 muestras, mientras que en la situación de mejora se tienen 18 muestras. De acuerdo con el teorema de Shapiro-Wilk, utilizado para pruebas de normalidad con muestras menores a 50, y con un nivel de significancia de 0.001, se determina que las variables no son normales.

Dado que el valor de P es 0.001, lo cual es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alternativa (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho). Se concluye que la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación será factible y viable para la reducción del costo productivo del Tajeo 6520 en el Nivel 2760 de la Compañía Minera Poderosa S.A.

## CONCLUSIONES

1. En la caracterización geomecánica del tajeo 6520 en el nivel 2760 se identificó dos tipos de roca en la caja piso, y en la caja techo se identificó un tipo de roca regular A, con RMR de 61 a 56, con fracturamiento regular, con sostenimiento inmediato, y en la veta o zona mineralizada se identificó un tipo de roca regular B, con RMR de 50 a 45, con fracturamiento regular, con sostenimiento inmediato.
2. El rendimiento del estado situacional en función a la cantidad de consumo de brocas cónicas es de 14 unidades, con un rendimiento en campo de 209.50 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 74.82 %, el cual es muy deficiente. El costo por metro perforado es de 1.35 \$ / mp, el cual es muy desfavorable en la rentabilidad. La cantidad de consumo de barras cónicas es de 6, con un rendimiento en campo de 488.84 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 69.83 %, el cual es muy deficiente y el costo por metro perforado es de 0.86 \$ / mp, el cual es muy desfavorable en la rentabilidad.
3. El rendimiento del estado de mejora de la estandarización en función a la cantidad de consumo de brocas cónicas es de 10 unidades, con un rendimiento en campo de 293.30 metros perforados, el cumplimiento de vida útil es de 104.75 %; es decir que, se ha superado la vida útil de la broca cónica y el costo por metro perforado es de 0.69 \$ / mp, el cual es muy rentable. La cantidad de consumo de barras cónicas es de 4, con un rendimiento en campo de 733.26 metros perforados, el cumplimiento de la vida útil es de 104.71 %, y el costo por metro perforado es de 0.38 \$ / mp, el cual es muy favorable en la rentabilidad.
4. En el estado situacional el avance efectivo era de 1.17 metros, con un tonelaje por disparo en cada corte de 43.54 toneladas, con este resultado deficiente se ha logrado elevar el costo total por unidad valorizada con el método de minado *open stoping* en 56.81 \$ / t.
5. El estado de mejora el avance efectivo es de 1.48 metros, con un tonelaje por disparo en cada corte de 55.11 toneladas, con este resultado eficiente se ha logrado disminuir el costo total por unidad valorizada con el método de minado *open stoping* en 46.03 \$ / t.
6. La optimización por disparo es de 10.78 \$ / t, el incremento de producción es de 11.57 t y la optimización mensual de \$ 7481.08.

## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar el mapeo geomecánico ya que es una herramienta crucial en la caracterización geomecánica, permite visualizar y comprender la distribución espacial de las propiedades mecánicas y geológicas del terreno. Es un factor importante para la elección de las herramientas de perforación y para el control de parámetros de perforación.
2. Se recomienda la estandarización de la perforación ya que garantiza la consistencia, la calidad y la seguridad en las operaciones de perforación, si como también controlar el consumo de brocas y barras cónicas como también evaluar los desvíos en los rendimientos de estas y tomar medidas correctivas de mejora continua.
3. Es recomendable optimizar los rendimientos por medio de controles de parámetros de perforación según el tipo de roca y capacitaciones al personal para mejorar eficiencias en la perforación de manera eficiente y optimiza en los procesos para reducir los costos operativos.
4. Esto puede incluir la optimización de la programación de trabajos, la reducción de los tiempos de inactividad, la maximización del uso de equipos, herramientas de perforación y la minimización de las pérdidas prematuras de las brocas y barras cónicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONZALEZ, Brayan. Optimización de los procesos de perforación y voladura en la Sociedad Minera Nueva Rojas, concesión Bella Rica, Camilo Ponce Enríquez - Azuay. Tesis ( Título de Ingeniero de Minas) . Cuenca : Universidad del Azuay, 2022.
2. CONCHA, Randal y TARIFA, Edwin. Reducción y Optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C. Tesis ( Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Tecnológica del Perú, 2020.
3. ANASTARES, Richard. Reducción y optimización de costos operativos en aceros de perforación en la RPA. (±)944W de la Empresa Especializada IESA S.A. –Unidad Minera Atacocha S.A. Nexa Resources. Tesis ( Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2023.
4. BERNAOLA, José, CASTILLA, Jorge y HERRERA, Juan. *Perforacion y Voladura de Rocas en Minería*. Madrid : E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid, 2013.
5. ÁREA DE GEOLOGÍA. *Estudios de los Principales unidades litológica y asientos mineros y mapa geología de Pataz*. Trujillo : Unidad Minera Poderosa, 2019.
6. CONTRERAS, Heiner. Influencia del método de explotación en la optimización de la producción al reemplazar el open stoping por corte y relleno ascendente en la Veta Consuelo de Poderosa – La Libertad. Tesis ( Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Naciaonal de Trujillo, 2019, 102 pp.
7. RNP Mexico Perfomex Peru S.R.L. *Perforadora Jackleg RNP Modelo RN-250X*. Trujillo : s.n., 2020.
8. EPIROC Peru S.A. *Herramientas de perforacion manual*. Lima : Rock Drilling Tools, 2015.
9. DEPARTAMENTO DE OPERACIONES. *Rendimientos de las herramientas de perforacion utilizadas en el metodo de minado por Open Stopping*. Trujillo : Unidad Minera Poderosa, 2023.
10. EXSA S.A. *Ficha tecnica Semexsa*. [En línea]Lima, 2018.[Fecha de consulta: 14 de junio del 2023] Disponible en: [www.exsa.net](http://www.exsa.net),

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
**Matriz de Consistencia**

Estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación, para reducir el costo productivo del tajeo 6520, nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo influye la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación, para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.?	Realizar la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación, para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A..	La estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación será factible y viable para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo influye la caracterización geomecánica de las labores de explotación, para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.?	Realizar la caracterización geomecánica de las labores de explotación, para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.	La caracterización geomecánica de las labores de explotación, será factible y viable, para la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.
¿Cómo influye el control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica, para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.?	Realizar el control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica, para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.	El control de los factores de rendimientos de perforación de la broca cónica será factible y viable para reducir el costo productivo del Tajeo 6520, Nivel 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.

## Anexo 2

### Valorización del costo de minado *open stopping* antes de la mejora

#### COSTO EXPLOTACIÓN

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN: *Open Stopping*

Taladros Perforados /Guardia	33.0
PRODUCCION POR TAJEO:	43.5
Ancho labor (m)	1.2

Longitud efectiva Perforación mts	1.46
Toneladas rotas por Guardia	43.54
Rendimiento (ton/tal):	1.32
Ancho mínimo de minido (m)	1.20

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Cantidad	Incidencia (%)	Precio unitario (\$./Unid)	costo total \$	Total del costo por tonelada (\$./ton.)	
<b>(A) Total Costo Directo</b>						<b>25.95</b>	
<b>1.1 Mano de Obra</b>							
Capataz	tarea	1	31%	22.46	9.15	3.33	
Bodeguero	tarea	1	31%	16.17	6.59		
Electricista Mina	tarea	1	31%	24.26	9.89		
Maestro Perforista (Explotación)	tarea	1	100%	26.95	35.04		
Ayudante (Explotación)	tarea	1	100%	17.97	23.36		
Maestro Motorista (Limpieza)	tarea	1	60%	22.46	17.52		
Ayudante Motorista (Limpieza)	tarea	1	60%	17.97	14.02		
Maestro enmaderador (Sostenimiento)	tarea	1	60%	24.26	18.92		
Ayudante enmaderador (Sostenimiento)	tarea	1	60%	13.48	10.51		
<b>1.2 Aceros de perforación</b>							
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	8.15	
Barras de Perforación	mp	158.40	100%	1.351	213.98		
Brocas de perforación 38 mm	mp	158.40	100%	0.855	135.44		
<b>1.3 Herramientas</b>							
Lampa	pieza	2.00	100%	8.09	16.17	6.15	
Pico	pieza	2.00	100%	6.74	13.48		
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	8.09	8.09		
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	9.43	9.43		
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	6.74	6.74		
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	13.48	13.48		
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	16.17	16.17		
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	5.39	5.39		
Taco de Arcilla	pieza	33.00	100%	5.39	177.90		
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	7.55	0.98		
<b>1.4 Implementos de Seguridad</b>							
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.82	100%	51.21	41.74		6.27
Tareas con ropa de agua	tareas	5.72	100%	40.43	231.27		
<b>1.5 Equipos en Operación</b>							
Perforadora	mp	158.40	100%	0.38	60.76	2.05	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.40	12.13		
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.54	16.17		
<b>(B) Utilidad Neta del Total Costo Directo</b>						<b>8.5%</b>	
<b>(C) Explosivos y Acc. Voladura</b>						<b>22.44</b>	
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	kg	140.20	100%	6.51	912.56	22.44	
Carmex	und	33.00	100%	1.50	49.40		
Mecha rapida	m	14.00	100%	1.06	14.90		
<b>(D) Costo de servicios auxiliares</b>						<b>6.22</b>	
Limpieza - winche y rastrillo N 13 HP 30						22.5	
Energía eléctrica	Kw - h	25		0.5	12.5	12.5	
<b>Sostenimiento - puntales de madera</b>						<b>235.7</b>	
Redondos de 7"x7"x10'	Pies	4		19.78	79.12	235.7	
Tablas de 6"x2"x10'	Pies	10		13.46	134.6		
Escaleras	m	1		21.98	21.98		
<b>COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (EXPLOTACIÓN) (A+B+C+D)</b>					<b>\$/ton.</b>	<b>56.81</b>	

### Anexo 3

## Valorización del costo de minado *open stopping* con la mejora

### COSTO EXPLOTACIÓN

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN: *Open Stopping*

Taladros Perforados /Guardia	33.0
PRODUCCION POR TAJEO:	43.5
Ancho labor (m)	1.2

Longitud efectiva Perforación mts	1.46
Toneladas rotas por Guardia	43.54
Rendimiento (ton/tal):	1.32
Ancho mínimo de minido (m)	1.20

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Cantidad	Incidencia (%)	Precio unitario (\$./Unid)	costo total \$	Total del costo por tonelada (\$./ton.)
<b>(A) Total Costo Directo</b>						<b>25.95</b>
<b>1.1 Mano de Obra</b>						<b>3.33</b>
Capataz	tarea	1	31%	22.46	9.15	
Bodeguero	tarea	1	31%	16.17	6.59	
Electricista Mina	tarea	1	31%	24.26	9.89	
Maestro Perforista (Explotación)	tarea	1	100%	26.95	35.04	
Ayudante (Explotación)	tarea	1	100%	17.97	23.36	
Maestro Motorista (Limpieza)	tarea	1	60%	22.46	17.52	
Ayudante Motorista (Limpieza)	tarea	1	60%	17.97	14.02	
Maestro enmaderador (Sostenimiento)	tarea	1	60%	24.26	18.92	
Ayudante enmaderador (Sostenimiento)	tarea	1	60%	13.48	10.51	
<b>1.2 Aceros de perforación</b>						<b>8.15</b>
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación	mp	158.40	100%	1.351	213.98	
Brocas de perforación 38 mm	mp	158.40	100%	0.855	135.44	
<b>1.3 Herramientas</b>						<b>6.15</b>
Lampa	pieza	2.00	100%	8.09	16.17	
Pico	pieza	2.00	100%	6.74	13.48	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	8.09	8.09	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	9.43	9.43	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	6.74	6.74	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	13.48	13.48	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	16.17	16.17	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	5.39	5.39	
Taco de Arcilla	pieza	33.00	100%	5.39	177.90	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	7.55	0.98	
<b>1.4 Implementos de Seguridad</b>						<b>6.27</b>
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.82	100%	51.21	41.74	
Tareas con ropa de agua	tareas	5.72	100%	40.43	231.27	
<b>1.5 Equipos en Operación</b>						<b>2.05</b>
Perforadora	mp	158.40	100%	0.38	60.76	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.40	12.13	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.54	16.17	
<b>(B) Utilidad Neta del Total Costo Directo</b>						<b>2.21</b>
<b>(C) Explosivos y Acc. Voladura</b>						<b>22.44</b>
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	kg	140.20	100%	6.51	912.56	
Carmex	und	33.00	100%	1.50	49.40	
Mecha rapida	m	14.00	100%	1.06	14.90	
<b>(D) Costo de servicios auxiliares</b>						<b>6.22</b>
Limpieza - winche y rastrillo N 13 HP 30						22.5
Energía eléctrica	Kw - h	25		0.5	12.5	12.5
<b>Sostenimiento - puntales de madera</b>						<b>235.7</b>
Redondos de 7"x7"x10'	Pies	4		19.78	79.12	
Tablas de 6"x2"x10'	Pies	10		13.46	134.6	
Escaleras	m	1		21.98	21.98	
<b>COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (EXPLOTACIÓN) (A+B+C+D)</b>					<b>\$/ ton.</b>	<b>56.81</b>

## Anexo 4

### Ficha técnica del explosivo Semexsa de 65 %

## SEMEXSA®

Dinamita semigelatinosa muy versátil por sus características de detonación que pueden variar según las circunstancias, desde un alto efecto empujador hasta un alto poder rompedor, lo que permite su empleo en voladura de rocas intermedias a duras.

El nivel de energía de los diversos tipos de Semexsa permite superar la fuerza estructural y masa de las diferentes calidades de roca.

Gracias a su gran rendimiento, adaptabilidad y seguro manipuleo, son usadas en minería subterránea, canteras, obras civiles (túneles, carreteras) generando también un excelente comportamiento en labores confinadas como rampas, chimeneas, piques y entre otros.

Por último, su adecuada transferencia de energía liberada a la roca, minimiza los daños alrededor del taladro.

#### Propiedades / Beneficios

- Alta a mediana velocidad de detonación.
- Mediana impedancia.
- Sensible al detonador No. 8 y al cordón de bajo gramaje.
- Larga vida útil.

#### Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.08 ± 3%	1.12 ± 3%	1.18 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,800 ± 200	4,200 ± 200	4,500 ± 200
Presión de detonación	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3,338	3,433	3,747
RWS**	%	89	92	99
RBS**	%	120	127	147
Volumen de gases	l/kg	1,016.	1,015	989
Resistencia al agua	Horas	Buena	Muy buena	Excelente
Categoría de humos	Categoría	1 era.	1 era.	1 era.

\* Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.

\*\* Calculadas con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

#### Presentación y embalaje

Masa explosiva encartuchada en papel kraft, los cartuchos son dispuestos en bolsas plásticas y embalados en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg		
Peso Bruto	26.3 kg		
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm		
Material	Caja de cartón corrugado		
Producto	Pulg.	UN/Caja	Masa g/UN
SEMEXSA 45	1 1/8	12	122
SEMEXSA 65	1 1/2	12	68
SEMEXSA 65	7/8	7	308
SEMEXSA 80	1 1/8	8	164

Para otros formatos de cartuchos preguntar a un especialista EXSA.

En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.

#### Transporte

CLASE: 1  
DIVISIÓN: 1.1 D  
N° ONU: 0081



#### Exclusión de responsabilidad

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos expresos o implícitos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuenciales o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.

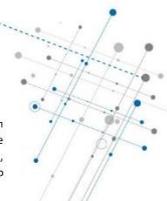
Tomada de Exsa S. A. (10)

www.exsa.net



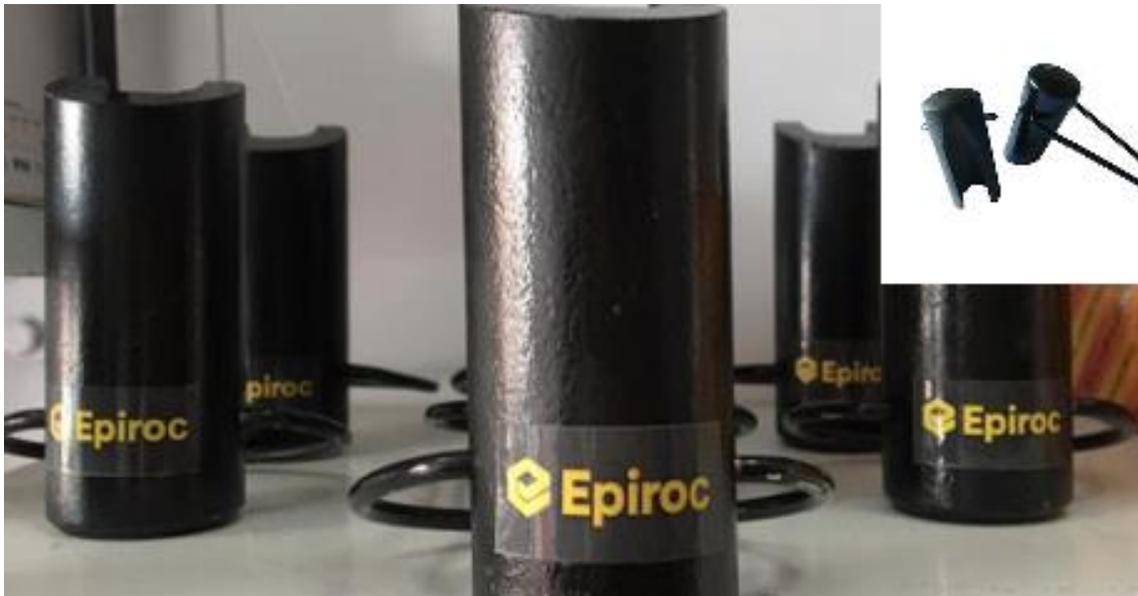
#### Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 18 meses, después de su fecha de fabricación.



## Anexo 5

### Control de paralelismo de la perforación en el frente de trabajo



## Anexo 6

### Registro de los descartes de las brocas y barras cónicas

Método de minado	Nivel	Fecha	Guardia	Labor	Sección	Perforadora	Barra (pies)	Cantidad de taladros	Avance efectivo (m)	Metros perforados (mp)	Descarte de aceros - brocas cónicas (unid.)	Descarte de aceros - barras cónicas (unid.)
Open stoping	2760	1/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.02	33.50	1	
Open stoping	2760	1/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.05	34.53		
Open stoping	2760	2/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60		
Open stoping	2760	2/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.09	36.04		
Open stoping	2760	3/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60	1	1
Open stoping	2760	3/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.11	36.64		
Open stoping	2760	4/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.45		
Open stoping	2760	4/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	34.82		
Open stoping	2760	5/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	35.09	1	
Open stoping	2760	5/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.09	36.07		
Open stoping	2760	6/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.08	35.69		1
Open stoping	2760	6/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.03	33.85		
Open stoping	2760	7/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00	1	
Open stoping	2760	7/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.41		
Open stoping	2760	8/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.07	35.15	1	
Open stoping	2760	8/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.07	35.35		1
Open stoping	2760	9/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	35.04		
Open stoping	2760	9/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.08	35.74	1	
Open stoping	2760	10/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.02	33.66		
Open stoping	2760	10/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.20	39.60		
Open stoping	2760	11/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	32.94		
Open stoping	2760	11/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00	1	

Open stoping	2760	12/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.30		
Open stoping	2760	12/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.32		
Open stoping	2760	13/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.30		
Open stoping	2760	13/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.23	1	
Open stoping	2760	14/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.02	33.80		1
Open stoping	2760	14/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.02	33.64		
Open stoping	2760	15/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.16	1	
Open stoping	2760	15/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.39		
Open stoping	2760	16/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.28		
Open stoping	2760	16/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.05	34.80	1	
Open stoping	2760	17/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.11	36.59		
Open stoping	2760	17/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.30	42.90		
Open stoping	2760	18/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.07	35.38	1	
Open stoping	2760	18/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.04	34.45		
Open stoping	2760	19/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.19		1
Open stoping	2760	19/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	32.98	1	
Open stoping	2760	20/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.45		
Open stoping	2760	20/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.05		
Open stoping	2760	21/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.09	35.87		
Open stoping	2760	21/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.05	34.58		
Open stoping	2760	22/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00	1	
Open stoping	2760	22/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.06	35.04		1
Open stoping	2760	23/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.20		
Open stoping	2760	23/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.00	33.00		
Open stoping	2760	24/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.01	33.46	1	
Open stoping	2760	24/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.10	36.30		
Open stoping	2760	25/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.51		
Open stoping	2760	25/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.76		
Open stoping	2760	26/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.91		
Open stoping	2760	26/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.01		

Open stoping	2760	27/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.50	1	
Open stoping	2760	27/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.12		
Open stoping	2760	28/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.97		1
Open stoping	2760	28/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.52	50.04	1	
Open stoping	2760	29/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.90		
Open stoping	2760	29/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.98		
Open stoping	2760	30/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.96	1	
Open stoping	2760	30/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.51	49.91		
Open stoping	2760	31/01/2024	Día	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.93		
Open stoping	2760	31/01/2024	Noche	Tajeo 6520 - Sur	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.99	1	
Open stoping	2760	1/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.55	51.13		
Open stoping	2760	1/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.53	50.39		
Open stoping	2760	2/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.93	1	1
Open stoping	2760	2/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.53		
Open stoping	2760	3/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.92		
Open stoping	2760	3/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.90	1	
Open stoping	2760	4/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.54	50.81		
Open stoping	2760	4/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.10		
Open stoping	2760	5/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.82		
Open stoping	2760	5/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.88		
Open stoping	2760	6/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.86		
Open stoping	2760	6/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.08	1	1
Open stoping	2760	7/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.96		

Open stoping	2760	7/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.47	48.45	
Open stoping	2760	8/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.48	48.99	
Open stoping	2760	8/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.45	47.98	1
Open stoping	2760	9/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.47	48.65	
Open stoping	2760	9/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.47	48.44	
Open stoping	2760	10/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.54	
Open stoping	2760	10/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.46	48.30	1
Open stoping	2760	11/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.49	49.28	1
Open stoping	2760	11/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.50	49.49	1
Open stoping	2760	12/02/2024	Día	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.41	46.43	
Open stoping	2760	12/02/2024	Noche	Tajeo 6520 - Norte	10x1.5	RMP – S83FX	6	33	1.43	47.20	