

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MINAS



**TESIS:**

OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE  
PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA  
SAN VICENTE – CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.  
AÑO 2018

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

**MINERÍA**

**PRESENTADO POR:**

- Bach. APARCO HUILLCAS, Adrian
- Bach. GARCIA DE LA CRUZ, Jenner Anderson

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MINAS**

**HUANCAVELICA – PERÚ**

2019



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



EN LA CIUDAD DE LIRCAY, EN EL PARANINFO DE LA FIMCA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, A LOS 5 DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2019 A HORAS 3:00 P.M. SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADOS DESIGNADO CON RESOLUCION N° 332- 2019 – FIMCA – UNH (23/10/2019) CONFORMADO EN LA SIGUIENTE MANERA

**PRESIDENTE** : DR. RODRIGO HUAMANCAJA ESPINOZA

**SECRETARIO** : Ing. JUAN PABLO CASTRO ILLESCA

**VOCAL** : M.Sc. LUZ MARINA ACHARTE LUME

Y EN CUMPLIMIENTO A LA RESOLUCIÓN N° 387-2019-FIMCA-UNH, DE HORA Y FECHA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS TITULADO: "OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018" CUYO AUTORES (EL) (LOS) GRADUADOS (S):

**BACHILLER (S):**

APARCO HUILLCAS ADRIAN

GARCIA DE LA CRUZ JENNER ANDERSON

A FIN DE PROCEDER CON LA SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA. ACTO SEGUIDO SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR EL AUDITORIO POR UNOS MINUTOS PARA LA **DELIBERACIÓN DE LOS RESULTADOS**; LUEGO SE INVITÓ A PASAR NUEVAMENTE AL AUDITORIO A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL, EN LA QUE SE DA LA LECTURA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN, SIENDO EL RESULTADO **APROBADO POR UNANIMIDAD**, CULMINANDO A LAS 4:00 P.M (CUATRO) DE LA TARDE, Y SE DA POR CONCLUIDO EL ACTO DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.

**BACHILLER: APARCO HUILLCAS ADRIAN**

MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	APROBADO POR UNANIMIDAD
SECRETARIO	
VOCAL	

**BACHILLER: GARCIA DE LA CRUZ JENNER ANDERSON**

MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	APROBADO POR UNANIMIDAD
SECRETARIO	
VOCAL	

EN CONFORMIDAD A LO ACTUADO FIRMAMOS AL PIE DEL PRESENTE.

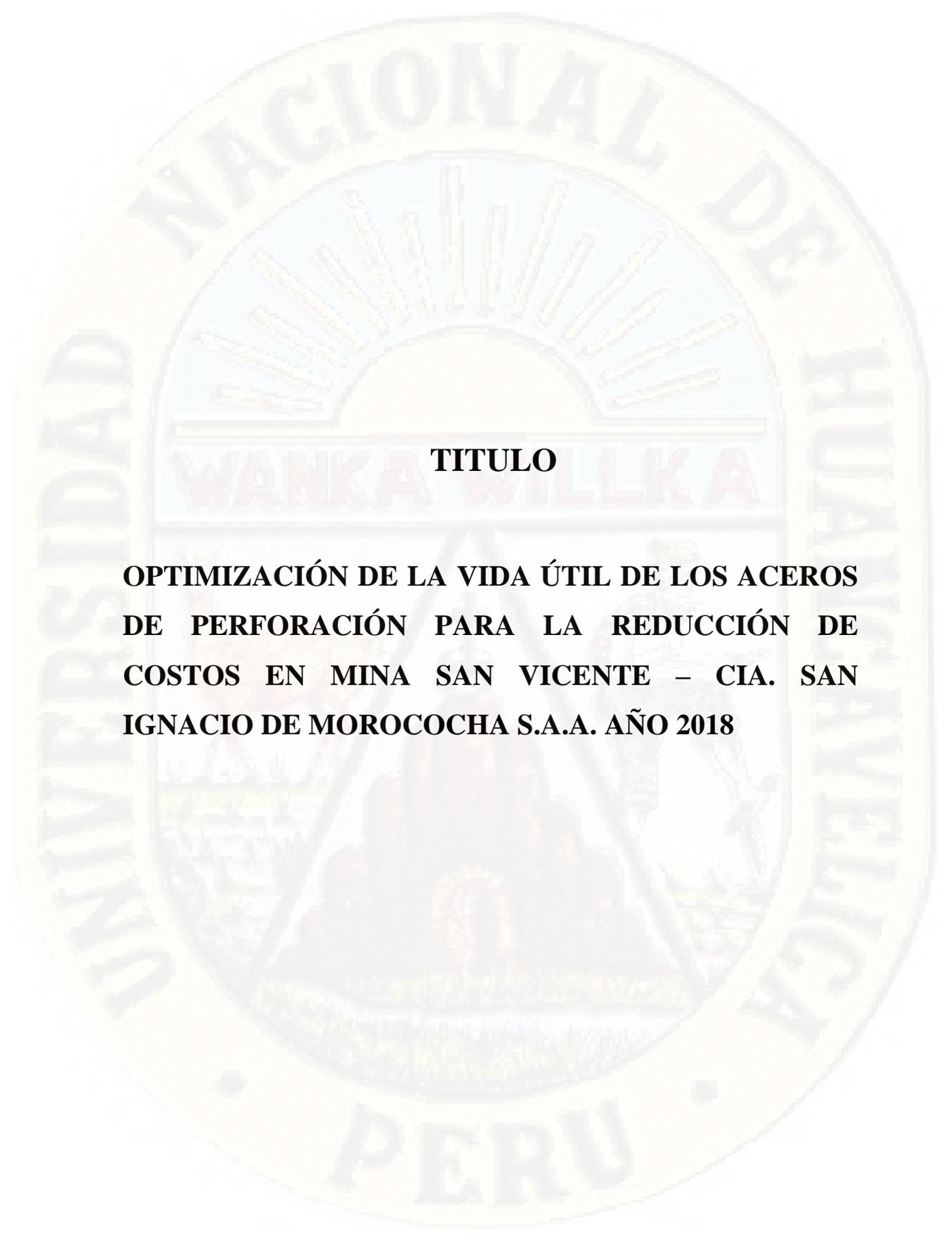
Presidente  
DR. RODRIGO HUAMANCAJA ESPINOZA

Secretario  
Ing. JUAN PABLO CASTRO ILLESCA

M.Sc. LUZ MARINA ACHARTE LUME

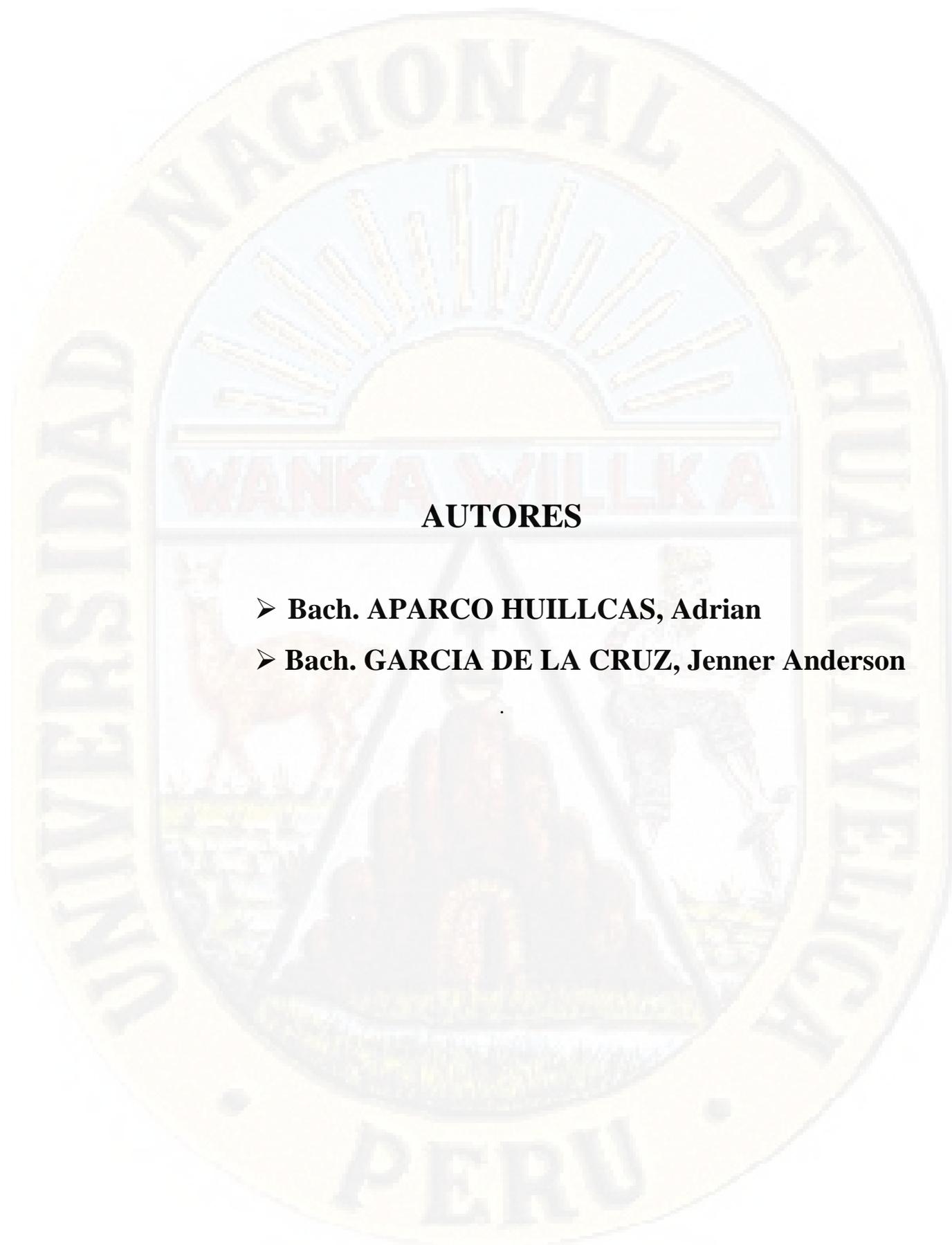
Sustentante  
APARCO HUILLCAS ADRIAN

Sustentante  
GARCIA DE LA CRUZ JENNER ANDERSON



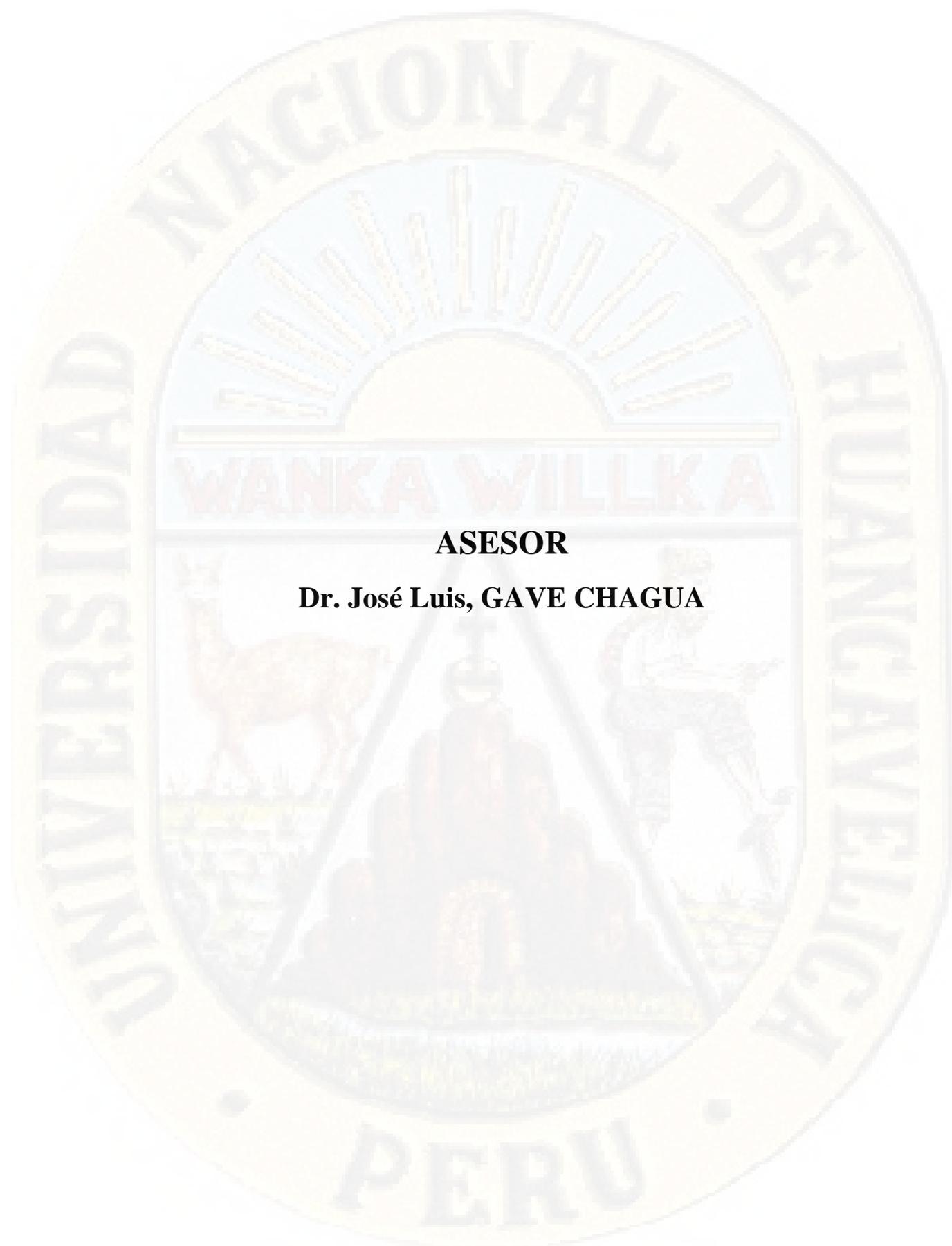
**TITULO**

**OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS  
DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE  
COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA. SAN  
IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018**



## **AUTORES**

- **Bach. APARCO HUILLCAS, Adrian**
- **Bach. GARCIA DE LA CRUZ, Jenner Anderson**



**ASESOR**

**Dr. José Luis, GAVE CHAGUA**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Huancavelica por brindarnos la calidad educativa necesaria para nuestra formación profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y a todos los docentes, quienes fueron pilares fundamentales en nuestro crecimiento académico y profesional.

A nuestro asesor Dr. José Luis, Gave Chagua, por brindarnos el respaldo, los conocimientos necesarios para desarrollar satisfactoriamente esta tesis.

A nuestros jurados, por sus consejos y recomendaciones para desarrollar satisfactoriamente esta tesis.

## ÍNDICE

PORTADA.....	I
ACTA DE SUSENTACIÓN.....	II
TITULO.....	III
AUTORES.....	IV
ASESOR.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
INDICE.....	VII
ÍNDICE DE IMAGEN.....	X
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.2.1.PROBLEMA GENERAL.....	23
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	23
1.3 OBJETIVOS.....	23
1.3.1.OBJETIVO GENERAL.....	23
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.4 JUSTIFICACIÓN:.....	24

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES.....	26
2.1.1.A NIVEL INTERNACIONAL.....	26
2.1.2.A NIVEL NACIONAL.....	27
2.2 BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1.MACIZO ROCOSO.....	27
2.2.2.VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN.....	29
2.2.3.PERFORACIONES DE LAS ROCAS.....	30
2.2.4.BROCAS DE BOTÓN.....	33
2.2.4.BARRENOS.....	33
2.2.6. CUIDADOS Y MANTENIMIENTO.....	36
2.2.7. COSTO DE PERFORACIÓN.....	37
2.3 SISTEMA DE HIPOTESIS.....	38

2.3.2. HIPÓTESIS GENERAL .....	38
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	38
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:.....	38
2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	40
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	39
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	39
2.6 OPERATIVA DE VARIABLES.....	40

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO.....	41
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	42
3.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	42
3.5.1. MÉTODO GENERAL .....	42
3.5.2 MÉTODO ESPECÍFICO .....	43
3.6 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO.....	43
3.6.1. POBLACIÓN.....	43
3.6.2. MUESTRA.....	43
3.6.3. MUESTREO.....	44
3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	44
3.8 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	45

### **CAPITULO IV**

#### **REPRESENTACION DE RESULTADOS**

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	46
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES DE AVANCE.....	47
4.1.2. DESCRIPCION DE ELEMENTOS DE PERFORACION.....	55
4.1.3. PRESIONES DE TRABAJO .....	56
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACION DE DATOS.....	58
4.2.1. ANALISIS DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN .....	58
4.2.2. ANALISIS DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN .....	60
4.2.3. MONITOREO DE LOS ACEROS EN ACTIVIDAD.....	61
4.2.4. ANALISIS CAUSA – EFECTO .....	63
4.3 DESARROLLO DE TRABAJO .....	65
4.3.1 CAPACITACIÓN DE AFILADO DE BROCAS .....	65
4.3.2. CAPACITACION A OPERADORES EN PARAMETRO DE PERFORACION .....	68

4.3.3. CONTROL DE LOS ACEROS DE PERFORACION EN LAS LABORES DE AVANCE CON LOS RESPECTIVOS EQUIPOS.....	92
4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	91
4.5 CONTRASTACION DE HIPOTESIS .....	92
4.5.1. PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA HIPOTESIS PRINCIPAL .....	92
4.5.2. PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA HIPOTESIS ESPECIFICAS .....	94
CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES .....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	98
ANEXOS .....	99
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	100
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE TESIS .....	101
PRUSUPUESTO.....	101

## ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen 1. Descripción y partes de una broca de perforación. ....	55
Imagen 2. Descripción y partes de una barra de perforación. ....	56
Imagen 3. Diagrama Ishikawa de causa y efecto de la vida útil de los aceros de perforación. ....	63
Imagen 4: Especificaciones del desgaste de broca (Sandvik).....	66
Imagen 5: Percusión de una perforadora.....	69
Imagen 6: Avance a un presión adecuada.....	70
Imagen 7: Rotación adecuada de la perforadora.....	70
Imagen 8: Barrido adecuado.....	71
Imagen 9: El posicionamiento adecuado.....	72
Imagen 10. Zona industrial de Mina San Vicente. ....	102
Imagen 11. Plano de ubicación de Mina San Vicente. ....	102
Imagen 12. Mapa satelital de ubicación de Mina San Vicente. ....	102
Imagen 13: Mapa Geológico Regional de mina San Vicente.....	104
Imagen 14: Control de rendimiento de perforación Rampa 975.....	105
Imagen 15. Control de rendimiento de perforación Acceso 640 (+). ....	106
Imagen 16. Monitoreo sistematico mediante software del paralelismo en perforaciones de labores de avance. ....	116

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Perforabilidad vs resistencia .....	29
Gráfico 2: Rendimiento de jumbo 184.....	78
Gráfico 3: Rendimiento de jumbo 152.....	79
Gráfico 5: Rendimiento de jumbo 189.....	80
Gráfico 6: Incremento obtenido JUMBO 184.....	82
Gráfico 7: Incremento obtenido JUMBO 152.....	83
Gráfico 8: Incremento obtenido JUMBO 189.....	84
Gráfico 9: Costo de metro perforado con jumbo inicial .....	86
Gráfico 10: Costo de metro perforado con jumbo final .....	87
Gráfico 11: Rendimiento calculado en metros perforados.....	88
Gráfico 15: Diagrama de la prueba T para la docimasia de la hipótesis.....	93

## ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1: Perforabilidad vs resistencia .....	29
Cuadro 2: Modelos de barras Sandvik para distintos diámetros de brocas.....	35
Cuadro 3 Especificaciones técnicas de la Rampa 8090 (+) y malla de perforación estándar. ....	48
Cuadro 4 Especificaciones técnicas de la Rampa 8010 (-) y malla de perforación estándar. ....	49
Cuadro 5 Especificaciones técnicas de la Rampa 630 (-) y malla de perforación estándar. ....	50
Cuadro 6 Especificaciones técnicas de la Crucero 567 N y malla de perforación estándar. ....	51
Cuadro 7 Especificaciones técnicas de la Acceso 640 (+) y malla de perforación estándar. ....	53
Cuadro 8 Especificaciones técnicas de la Rampa 975 (-). ....	54
Cuadro 9. Resumen de presiones de trabajo de equipo Jumbo.....	58
Cuadro 10. Resumen de parámetros encontrados en equipos frontoneros.....	62
Cuadro 11. Resumen de parámetros encontrados en equipos de sostenimiento. ....	62
Cuadro 12: Lista de personal de salida de brocas .....	73
<i>Cuadro 13: Control de aceros de perforación en metros perforados .....</i>	<i>74</i>
Cuadro 14: Resumen de jumbo metros perforados del mes abril .....	76
Cuadro 15: Resumen del mes abril Jumbo 189 metros perforados.....	76
Cuadro 16: Resumen del mes abril Jumbo 184 metros perforados.....	77
Cuadro 17: Resumen Jumbo 152 metros perforados del mes abril.....	77
Cuadro 18: Resumen total del mes de abril de los Jumbos.....	77
Cuadro 19: Calculo Obtenido en JUMBO en labor de RAMPA .....	78
Cuadro 20: Calculo Obtenido en JUMBO en labor de ACCESO y RAMPA .....	79
Cuadro 21: Calculo Obtenido en JUMBO en labor de RAMPA y CRUCERO .....	80
Cuadro 22: Cuadro de resumen de los JUMBOS y Distintas LABORES .....	81
Cuadro 23: Resumen de los JUMBOS metros perforados.....	81
Cuadro 24: Calculo del incremento de la vida útil de los aceros .....	82
cuadro 25: Calculo del incremento de la vida útil de los aceros .....	83

cuadro 26: Calculo del incremento de la vida útil de los aceros .....	84
cuadro 27: Resumen del Cálculo del incremento de la vida útil de los aceros .....	85
Cuadro 28: Calculo de costo inicial de metro perforado en los JUMBOS .....	85
Cuadro 29: Cálculo de costos final de metro perforado en los JUMBOS .....	86
Cuadro 30: Resumen comparación inicial y final de cálculo de costos en metros perforados .....	87
Cuadro 31: Resumen de costo de operación .....	89
Cuadro 32: Tiempo toma de datos .....	89
Cuadro 33: Resumen de factores financiero del proyecto .....	91
Cuadro 34. Fallas, causas y recomendaciones por tipo de falla que presenten las brocas de perforación de 45 mm. ....	109
Cuadro 35. Fallas, causas y recomendaciones por tipo de falla que presenten las barras de perforación de 12 pies. ....	114

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIA

Fotografía 1. Desgaste de las brocas de perforación por uso. ....	59
Fotografía 2. Desgaste habitual de las barras de perforación. ....	60
Fotografía 3. Desgaste periférico y botones de las brocas de perforación. ....	63
Fotografía 4. Afilado practico del personal capacitado .....	67
Fotografía 5. Personal recibiendo la respectiva capacitación .....	67
Fotografía 6. Realizando el respectivo afilado supervisado.....	68
Fotografía 7. Control de la perforación de equipos jumbo en frentes de avance.....	104
Fotografía 8. Monitoreo de las RPM y presiones de trabajo de los equipos de perforación Jumbo.....	107
Fotografía 9. Actividades de afilado de brocas y su control respectivo. ....	108

## RESUMEN

La tesis titulada: “OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018” nace de la interacción y observación de investigar en una parte de la realidad del uso de los aceros e perforación en unidad minera San Vicente, en las labores de avance, análisis realizado en el año 2018. La relación que existe entre el correcto uso y actividades de mejoras hablan de la interdependencia de la vida útil de los aceros de perforación, las cuales se ven reflejas en acciones que se detallan en el desarrollo de esta tesis, siendo una de ellas lo referente a la optimización y cuyo estudio en nuestro medio constituye un peldaño para el avance en el incremento de la vida útil de los aceros de perforación como son las brocas de 45 mm y barras de 12 pies de longitud. Sobre esta base se ha formulado el problema en los siguientes términos ¿Cómo influye la Optimización de la vida útil los Aceros de perforación en la reducción de costos de Mina San Vicente - Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A.? Asimismo, el objetivo general fue planteado en los siguientes términos: Determinar la influencia de la Optimización de la vida útil los Aceros de perforación en la reducción de costos de Mina San Vicente - Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A. Como método general se utilizó el método científico y como específicos el inductivo, deductivo, hipotético – deductivo y analítico sintético; para la recolección de datos, el proceso y la contrastación de la hipótesis se han empleado técnicas de investigación documental, de fichaje y de investigación de campo y sus instrumentos fueron los libros las fichas y el análisis del consumo de los aceros de perforación en mina San Vicente, la misma que tiene asociado un nivel de validez mediante la opinión de los expertos y confiabilidad por el estadístico alfa de cronbach del 83%. Para el tratamiento de los datos se ha acudido al análisis estadístico, usando la estadística descriptiva e inferencial con el estadístico “r” de Pearson. Los resultados arribados muestran que se ha rechazado la hipótesis alterna, por consiguiente, se ha aceptado la hipótesis nula en el sentido de que La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de Mina San Vicente – Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A., al nivel del 0,05. Como conclusión del trabajo en

mención se tiene el hecho que la evidencia empírica ha corroborado el hecho que la optimización de la vida útil se relaciona de forma positiva y significativa con la reducción de costos de Mina San Vicente – Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A., año 2018. La intensidad de la relación hallada es de  $r=67\%$  que tienen asociado una probabilidad  $p.=0,0<0,05$  por lo que dicha relación es positiva y significativa. En síntesis, la optimización obtenida para el caso de las brocas de perforación de 45mm fue de un 35% adicional a su vida útil lo que representa 11241.15 pies perforados/broca, así mismo las barras de 12 pies tuvieron un incremento de 31% adicional a su vida útil, lo que representa un incremento de 3914.16 pies perforados/barra. Los resultados de la presente tesis nos permitieron minimizar el costo por consumo de aceros de perforación valorado en 1435,04 U\$\$/ mes, lo que representa en proyección un ahorro de 17,220.48 U\$\$/ año.

Palabras clave: Optimización, vida útil, aceros de perforación.

Los autores.

## ABSTRACT

The titled thesis: "OPTIMIZATION OF THE USEFUL LIFE OF THE STEELS OF DRILLING FOR THE COST REDUCTION IN MINE SAN VICENTE – CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. YEAR 2018" It grows from the interaction and observation of investigating in a part of the reality of the use of steels and perforation in mining unit San Vicente, in the forward-motion works, analysis accomplished in the year 2018. You reflect the relation that exists between the correct use and improving activities speak us of the interdependence of the useful life of the steels of drilling, which see themselves in stocks that they detail themselves in the development of this thesis, being one of them it relative to optimization and a step for the advance in the increment of the useful life of the steels of drilling as they are 45 mm's drills and 12-foot bars of length constitutes whose study in our means.. The problem in the following terms has been formulated on this base How has influence the Optimization of useful life the Steels of drilling in Mina San Vicente's cost reduction – Mining Company San Ignacio De Morococha S.A.A.? In like manner, the general objective was presented in the following terms: Determining the influence of the Optimization of useful life the Steels of drilling in Mina San Vicente's cost reduction – Mining Company San Ignacio De Morococha S.A.A. As general method used the scientific method itself and I eat specific the inductive, deductive, hypothetic – deductive and analytical synthetic; For the collection of data, the process and the contrastation of the hypothesis have used techniques of documentary, signing-up and fact-finding farm investigation themselves and his instruments were books the chips and the analysis of the consumption of the steels of perforation.. He has attended the statistical analysis for the treatment of the data, using descriptive statistics and inferencial with the statistician Pearson's r. The received results evidence that the alternating hypothesis has been refused, consequently, has accepted the null hypothesis to the effect that The optimization of the useful life of the steels of drilling influences the cost reduction of Mine significantly himself – Mining Company San Ignacio De Morococha S.A.A., at the same level as 0.05. As he has conclusion of the work in mention the fact that the empiric evidence has adminiculated the fact that the optimization of useful life relates with of positive and significant form the cost reduction of Mine San Vicente – Mining

Company San Ignacio De Morococha S.A.A, year 2018. The intensity of the found relation is of  $r = 61\%$  that they have associated a probability  $p = 0,0 < 0,05$  what the aforementioned relation is positive and significant. In synthesis, the optimization obtained for the case of the drills of perforation of 45mm went from a 35 additional % to its service life that represents 11241,15 perforated feet drill, likewise the 12-feet bars had 31 %'s increment additional to their service life, that represents an increment of 3914,16 perforated feet bar. The results of present thesis allowed us minimizing the cost for consumption of steels of drilling once month was appreciated in 1435.04 US\$, that represents in projection 17.220,48 US\$'s saving year.

Keywords: Optimization, useful life, drilling steels.

The authors.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018” producto de llevar a cabo un proceso de investigación.

La investigación es resultado de un conjunto de acciones realizadas, sobre la base de una planificación previa, a fin de determinar el nivel de relación entre la Optimización de la vida útil de los aceros de perforación y el la Reducción de Costos de Mina San Vicente - Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A. Periodo.

Para ello se ha formulado como problema de investigación, la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la Optimización de la vida útil los Aceros de perforación en la reducción de costos de Mina San Vicente - Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A.? El objetivo de la investigación fue: Determinar cómo influye la Optimización de la vida útil los Aceros de perforación en la reducción de costos de Mina San Vicente - Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A.

La hipótesis planteada fue: La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de Mina San Vicente – Compañía Minera San Ignacio De Morococha S.A.A. Se tiene como unidad de análisis a los aceros de perforación de las labores de avance, para ello se ha utilizado como metodología el método científico.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos: el primero, trata sobre el planteamiento del problema, la formulación del problema general y de los problemas específicos, la formulación del objetivo general y los objetivos específicos, finalmente la justificación del estudio.

El segundo capítulo, se refiere a los temas relacionados con el marco teórico, donde se resalta los antecedentes de la investigación, las bases teóricas referentes a las dos variables de estudio referidos al Optimización de la Vida útil y la Reducción de Costos, las principales teorías que orientan su desarrollo, asimismo la formulación de la

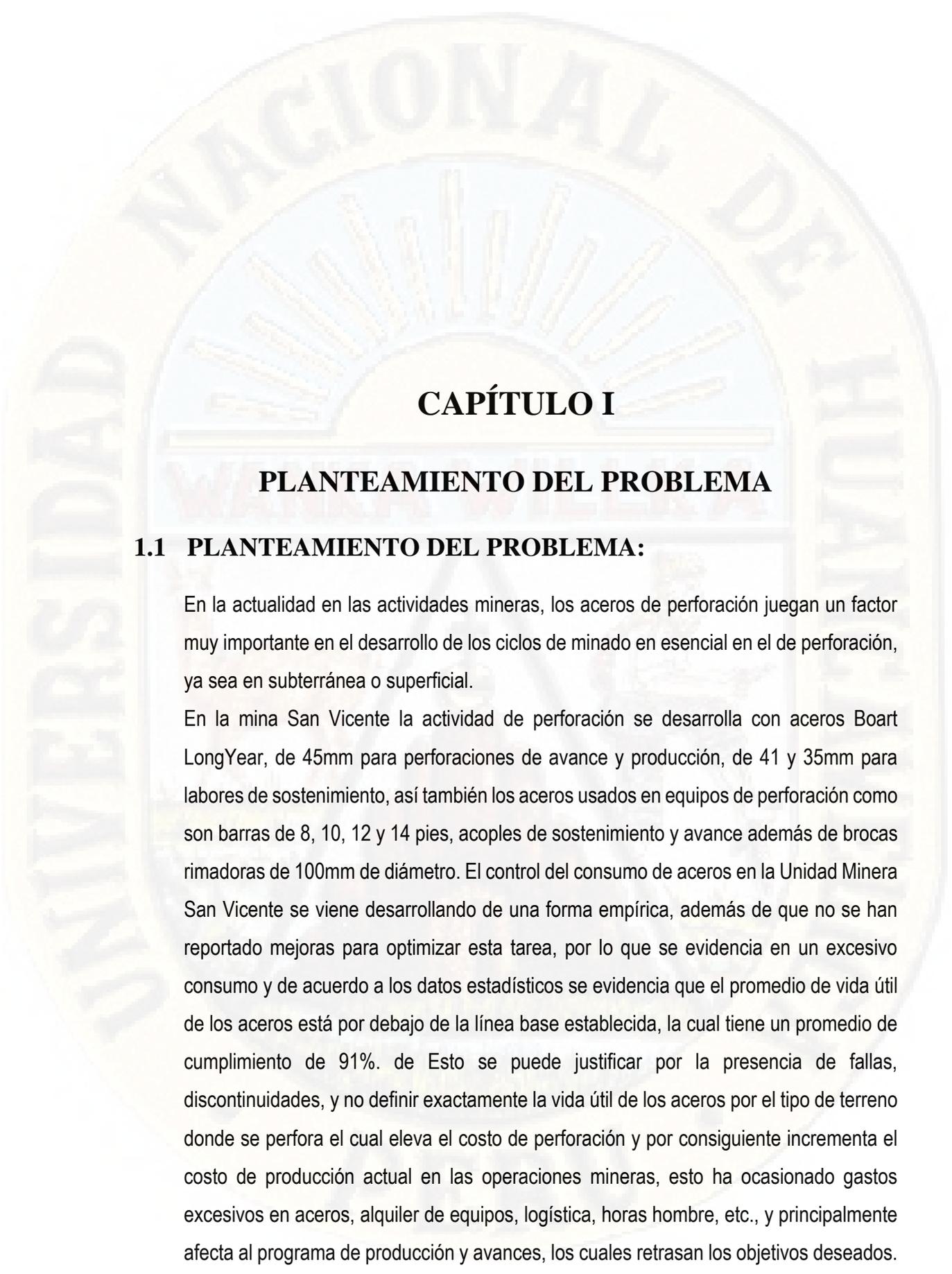
hipótesis general y las hipótesis específicas, la definición de términos básicos, la operacionalización de las variables en estudio.

El tercer capítulo, contiene aspectos relacionados con la metodología de investigación, precisando en ella el tipo de diseño de investigación, el método y técnicas de investigación, la población, muestra, técnicas e instrumento de recolección de datos y muestreo además de la organización y procesamiento de los datos.

El cuarto capítulo, contiene los resultados de la investigación; en el mismo que se tienen las tablas y gráficas de los datos recabados a través de los diferentes instrumentos; sobre todo se presenta la prueba de hipótesis.

Asimismo en la parte final comprende las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Los autores.

The background of the page features a large, faint watermark of the Universidad Nacional de Huancayo logo. The logo is circular and contains a sunburst design in the center, with the text 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO' around the perimeter.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

En la actualidad en las actividades mineras, los aceros de perforación juegan un factor muy importante en el desarrollo de los ciclos de minado en esencial en el de perforación, ya sea en subterránea o superficial.

En la mina San Vicente la actividad de perforación se desarrolla con aceros Boart LongYear, de 45mm para perforaciones de avance y producción, de 41 y 35mm para labores de sostenimiento, así también los aceros usados en equipos de perforación como son barras de 8, 10, 12 y 14 pies, acoples de sostenimiento y avance además de brocas rimadoras de 100mm de diámetro. El control del consumo de aceros en la Unidad Minera San Vicente se viene desarrollando de una forma empírica, además de que no se han reportado mejoras para optimizar esta tarea, por lo que se evidencia en un excesivo consumo y de acuerdo a los datos estadísticos se evidencia que el promedio de vida útil de los aceros está por debajo de la línea base establecida, la cual tiene un promedio de cumplimiento de 91%. de Esto se puede justificar por la presencia de fallas, discontinuidades, y no definir exactamente la vida útil de los aceros por el tipo de terreno donde se perfora el cual eleva el costo de perforación y por consiguiente incrementa el costo de producción actual en las operaciones mineras, esto ha ocasionado gastos excesivos en aceros, alquiler de equipos, logística, horas hombre, etc., y principalmente afecta al programa de producción y avances, los cuales retrasan los objetivos deseados.

Entre los principales problemas evidenciados en el consumo de aceros de perforación en labores de avance y producción se resumen los siguientes:

- Falta de control del consumo de aceros: El control de aceros de perforación no se desarrolla de forma óptima, dejando vacíos que en ocasiones no son tomadas en cuenta lo cual repercute en pérdidas.
- Tipo de terreno: En mina San Vicente se tiene una estructura variada donde se evidencia fallas y discontinuidades que afectan a la vida útil de los aceros.
- Falta de control de la perforación: El control de la perforación debe contemplar el paralelismo de taladros, gradiente, dirección y lo más importante verificar que los perforistas sigan un proceso de perforación adecuado evitando que se haga perforaciones en vacío, ya que este es uno de los factores más críticos para dañar la vida útil de los aceros.
- Incumplimiento de estándares de perforación: La falta de cumplimiento de los estándares es denotada, ya que se perforan más taladros de lo establecido. Es importante destacar que un adecuado cumplimiento de estándares te permite medir de forma más real y exacta el cumplimiento de tus objetivos en labores de perforación.

En mina San Vicente se evidencia un alcance de la vida útil de los aceros de 91% en promedio en las distintas labores de perforación de avance y producción, lo que implica un incremento de costos en el desarrollo de sus actividades, por lo que es importante desarrollar actividades y proyectos que permitan incrementar la vida útil de los aceros de perforación.

En el presente trabajo nos proponemos optimizar la vida útil de los aceros de perforación como son barras, acoples y brocas para labores de avance y producción. Además, reducir los costos de perforación tomando como muestra la Compañía Minera San Vicente

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo influye la optimización de la vida útil los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS**

- a. ¿Cómo influye el control de la vida útil de la broca de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?
- b. ¿Cómo influye el control de la vida útil de la barra de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?
- c. ¿Cómo influye el afilado de brocas y la vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?
- d. ¿Cómo influye el torqueado de barras y la vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la influencia de la optimización de la vida útil los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- e. Determinar la influencia del control de la vida útil de la broca de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.
- f. Determinar la influencia del control de la vida útil de la barra de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.
- g. Determinar la influencia del afilado de brocas y vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.
- h. Determinar la relación del torqueado de barras y vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN:**

En el desarrollo de las operaciones mineras a menudo se viene desarrollando labores de perforación con equipos cuyo mecanismo de contacto son los aceros de perforación, durante las últimas dos décadas hemos evidenciado un crecimiento tecnológico y un desarrollo de los procesos de minado, por lo que el consumo de aceros es un factor a tener en cuenta ya que en términos contables representa un gasto de 18% del total de las operaciones. La vida útil de los aceros se ve afectada a rasgos generales por temas humanos en mayor porcentaje tales como posicionamiento, alineación de los barrenos, marcas inexactas de la sección transversal en el frente de perforación, emboquilla miento incorrecto, paralelismo inadecuado, fallas de equipo de perforación, centralizadores en mal estado, variación de las presiones de Rotación, Percusión y Avances y en un menor porcentaje por temas naturales (Fracturas, fisuras, tipo terreno), los cuales afectan a los programas de costos mensual, trimestral y anual de minado.

La optimización de la vida útil de los aceros de perforación en el marco de su objetivo busca mejorar los actuales estándares, usando un adecuado control de

los aceros de perforación, así como el control de la perforación insitu en labores de avance y producción para reducir costos de minado. Sumando en todo momento la retroalimentación al personal y la capacitación continua para familiarizar el objetivo y hacer efecto múltiple, con el objetivo de reducir costos y optimizando el ciclo de minado.

Por lo cual se justifica la tesis “Optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en mina San Vicente – Cia San Ignacio de Morococha S.A.A. año 2018”. Esta tesis nace del análisis estadístico de la vida útil de los aceros de perforación de años anteriores aquellos que se venían desarrollando de forma tradicional.

El presente proyecto beneficiara a Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. Unidad San Vicente, así como los trabajadores desarrollando en ellos criterios técnicos. Se efectuarán actividades de optimización de la vida útil de los aceros usando criterios técnicos, implementado sistemas de control físico y digital, poniéndolos en práctica y se adecuen en las actividades de minado, que también servirá como modelo para las empresas especializadas

#### JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Académicamente el presente proyecto de investigación, nos permitirá aplicar los conocimientos obtenidos y optimizar el tránsito vehicular en la red vial que comprende el Jr. Libertad, Jr. Olímpico y Av. Gandolini de la ciudad de Lircay y por consecuencia integra conocimiento de la ingeniería de tránsito, otorgando así la experiencia para futuros proyectos, disminuyendo el déficit de nuestra sociedad.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Los antecedentes para el desarrollo del presente tema, serán considerados en el ámbito de a nivel internacional y nacional.

##### **2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL**

Mayoral (2012) "Optimización técnico-económico de perforación de barrenos en terrenos homogéneos. Búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación." Obteniendo como conclusión No podemos garantizar leyes numéricas o matemáticas que nos permitan predecir la curva de desgaste, con los datos de campo obtenido. Ante el comportamiento de las muestras analizadas, si parece que su desgaste se pueda tramificar en un primer sector de mayor pendiente hasta alcanzar el plano de desgaste del 20% en un segundo sector donde se suaviza la pendiente.

A medida que el campo de desgaste se acentúa, la boca es más sensible a cambios de pendiente en la ley que lo origina.

### **2.1.2 A NIVEL NACIONAL**

Chirinos (2012) "Control de aceros de perforación, factores que influyen la vida útil, su relación con el paralelismo y profundidad en el proyecto de expansión k-115 JJC Contratistas Generales S.A. Sociedad Minera Cerro Verde" Obteniendo como conclusión Es muy complicado llevar un control preciso cuando se trata de aceros de perforación. Hay muchas variables que no se pueden controlar, pero que sí se pueden identificar para tener las herramientas de solución a la mano y así la producción no pare, sobre todo cuando por proceso constructivo el trabajo es concatenado.

Gamarra (2011) "Optimización de las brocas de botón de 45 mm\* R32 para minimizar los costos de perforación en la Compañía Minera Milpo S.A.A. UEA El Porvenir" Obteniendo como conclusión Para mejorar los rendimientos y eficiencias de los aceros de perforación en cualquier frente de perforación es recomendable, determinar su tiempo de afilado como también determinar el cambio oportuno del acero para no utilizar su rendimiento al 100% de la vida útil del acero, es importante determinar el tipo de terreno donde se trabaja por que para cada tipo de roca el número de perforaciones de brocas es diferente y los tipos de accesorios de perforación.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. MACIZO ROCOSO**

Según Alonzo (2007) es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de discontinuidades. Mecánicamente son medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos, por lo que su clasificación es fundamental en la ingeniería geológica.

#### **A.- ESTRUCTURA:**

Según Córdova (2007) La estructura, Está constituida por la masa rocosa en la que, por efecto de haber practicado en la misma una excavación, se

ha producido un cambio de esfuerzos con respecto a su situación original, lo que trae como consecuencia la necesidad de garantizar la estabilidad de toda la zona.

#### **B.-OPTIMIZACION DE LA VIDA ÚTIL:**

Según Del Carpio (2005) La optimización de la vida útil, de un recurso material se logra mejorando las condiciones habituales a la que está sometida. Un sistema de perforación de rocas está compuesto por la roca, la perforadora y las herramientas de perforación. El más amplio y profundo conocimiento de las características y el comportamiento de cada uno de estos elementos ayudará a alcanzar una mayor vida útil de las herramientas de perforación de rocas. El aumento de la vida útil de las herramientas de perforación de rocas significará más metros perforados, y por lo tanto un ahorro en el costo de perforación.

#### **C.-RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:**

Según Gidson, W. (1984) La resistencia a la compresión, es la medida que define la presión al que se puede someter una muestra de roca hasta que se rompa.

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

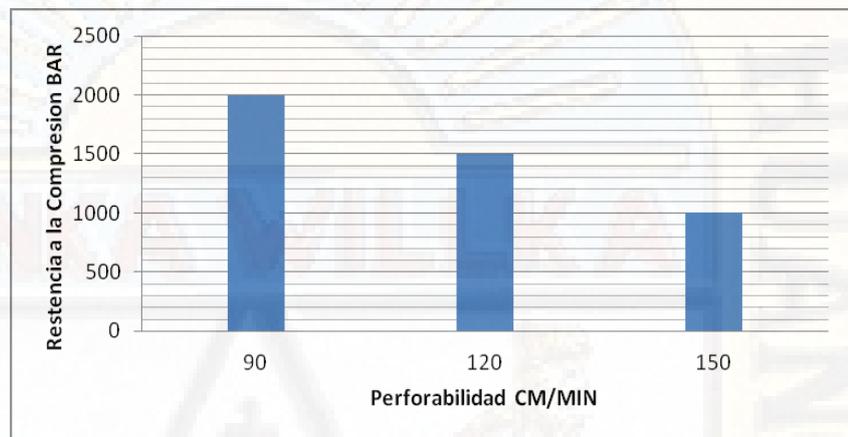
$$90 * 2000 / 1500 = 120 \text{ cm/min}$$

**LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ES  
INVERSAMENTE & PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA  
DE LA COMPRESIÓN**

Cuadro 1: Perforabilidad vs resistencia

PERFORABILIDAD (cm/min)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (bar)
90	2000
120	1500
150	1000

Gráfico 1: Perforabilidad vs resistencia



Como podemos visualizar en el diagrama de frecuencia de la velocidad de penetración con respecto a la resistencia a la compresión es inversamente proporcional.

Si la velocidad de penetración aumenta la resistencia hace que disminuya, este análisis no va servir para hacer nuestro estudio de rendimiento de brocas en el área de perforación.

Con frecuencia resulta difícil definir un tipo de roca y su clasificación puede variar de un lugar a otro. No obstante, voy hacer una evolución práctica del día a día de trabajo y según las teorías de macizo rocosos de la perforabilidad de la roca obtenido de mineral tamaño de grano y estructura.

### 2.2.2. VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN

Según Umási, W. (2013) Vida útil de los aceros, La duración de los aceros de perforación depende de numerosos factores, por lo que, rio pueden darse cifras exactas. Al determinar la vida práctica en servicio en

un lugar de trabajo determinado, hay que tener en cuenta la fiabilidad de funcionamiento y la seguridad, lo que implica que hay que reemplazar los útiles de perforación antes de que se rompan y perturben la producción.

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

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

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

- Minerales en la roca; incluyendo su dureza, tamaño, matriz.
- Resistencia, dureza, abrasividad de la roca.
- Profundidad y velocidad de corte o perforación.
- Existencia de fuerzas de impacto en las herramientas (perforación en roca fisurada) "al vacío" o condiciones cambiantes.
- Tipo de corte o perforación (percusión, "rasgado", rotación).
- Presencia de enfriadores entre la roca y la herramienta.
- Sistema eficiente de remoción y evacuación de detritus.
- Calidad del metal de la herramienta (resistencia, dureza).

### **2.2.3. PERFORACIONES DE LAS ROCAS**

Para realizar la rotura del macizo rocoso y perforar los taladros, estos obedecen a 3 principios fundamentales, combinando acciones de percusión, rotación, empuje y barrido.

Los principios de perforación con equipo jumbo, son los siguientes:

#### **a. Percusión.**

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

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

La eficiencia de esta transmisión es difícil de evaluar, pues depende de muchos factores, tales como: el tipo de roca, la forma y dimensión del pistón, las características del varillaje, el diseño de la broca, etc. Además, hay que tener en cuenta que en los puntos de unión de las varillas existen pérdidas de energía, por reflexiones y rozamientos que se transforman en calor y desgastes en las roscas.

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

$$E_c = 0,5 \times m_p \times V_p^2$$

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

Donde:

$E_c$  = Energía por golpe.

$m_p$  = Masa del pistón.

$v_p$  = Velocidad máxima del pistón.

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

$A_p$  = Superficie de la cara del pistón

$l_p$  = Carrera del pistón

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

$$P_m = E_c \times n_g$$

Donde:

$n_g$  = Frecuencia de impactos.

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

**b. Rotación.**

Según López (2015) *La rotación*, que hace girar la broca entre impactos sucesivos, tiene como misión hacer que ésta actúe sobre puntos distintos de la roca en el fondo del barreno. En cada tipo de roca existe una velocidad óptima de rotación para la cual se producen los detritus de mayor tamaño al aprovechar la superficie libre del hueco que se crea en cada impacto.

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

**c. Empuje.**

Según López (2015) *Empuje*, La energía generada por el mecanismo de impactos del martillo debe transmitirse a la roca, por lo que es necesario que la broca se encuentre en contacto permanente con el fondo del barreno. Esto se consigue con la fuerza de empuje suministrada por un motor o cilindro de avance, que debe adecuarse al tipo de roca y broca de perforación.

Un empuje insuficiente tiene los siguientes efectos negativos: reduce la velocidad de penetración, produce un mayor desgaste de varillas y manguitos, aumenta la pérdida de apriete del varillaje y el calentamiento del mismo. Por el contrario, si el empuje es excesivo disminuye también la velocidad de perforación, dificulta el desenroscado del varillaje, aumenta el desgaste de las brocas, el par de rotación y las vibraciones del equipo, así como la desviación de los barrenos.

Al igual que ocurre con la rotación, esta variable no influye de forma decisiva sobre las velocidades de penetración. A medida que el empuje

aumenta, aumenta la velocidad de penetración, pero si se supera un cierto valor, lo que hace es disminuirla, al frenar la rotación y dificultar el barrido.

Por lo tanto, el buen rendimiento de perforación no consiste en aumentar el rendimiento unitario de cada uno de estos factores, sino en la búsqueda del punto de equilibrio entre los tres que permita alcanzar la mayor velocidad de penetración.

**d. Barrido.**

Según López (2015) *El Barrido*, Para que la perforación resulte eficaz, es necesario que el fondo de los barrenos se mantenga constantemente limpio evacuando los detritus justos después de su formación.

El barrido de los barrenos se realiza con un fluido que se inyecta a presión hacia el fondo a través de un orificio central del varillaje y de unas aberturas practicadas en las brocas de perforación. Las partículas se evacúan por el hueco anular comprendido entre el varillaje y la pared de los barrenos.

El barrido con agua es el sistema más utilizado en perforación subterránea, que sirve, además, para suprimir el polvo, aunque supone generalmente una pérdida de rendimiento del orden del 10% al 20%.

**2.2.4. BROCAS DE BOTÓN**

Según Gonzales (2016) *Las brocas roscadas de botones*, se fabrican en tamaños de 35 mm en adelante el diseño de la broca varía dependiendo del diámetro y de la aplicación a que va destinada, en las brocas del tipo normal los botones frontales y diametrales tienen generalmente las mismas dimensiones. Estas brocas están concebidas para formaciones de roca moderadamente abrasivas.

Las brocas es el componente del varillaje que realiza el trabajo de trituración, el frente de la broca está provisto de botones o plaquitas de carburo cementado.

**a. Tope en el fondo de la broca**

Según Gonzales (2016) *Las brocas*, tienen generalmente una rosca hembra en cuya base hay un tope que trasmite energía desde el extremo

de la barra al frente de la broca, algunas brocas tienen una rosca macho.

**b. Orificio de barrido**

Según Gonzales (2016) *El agente de barrido*, se suministra a través del orificio de barrido de la barra y se distribuye por los orificios de barrido frontales o laterales de la broca.

**c. Ranuras para la evacuación del detritus**

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

**d. Holgura (conicidad)**

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

**e. brocas reforzadas HD**

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

**f. brocas retractiles**

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

**g. Brocas Guías**

Según Gonzales (2016) *Estas brocas*, están diseñadas especialmente para obtener los barrenos más rectos posibles, los insertos periféricos

tipo bisel junto con el largo cuerpo de la broca, permiten perforar unos barrenos aceptablemente más rectos incluso en formaciones de rocas extremadamente difíciles de perforar.

#### **h. Botones Cónicos**

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

### **2.2.5. BARRENOS**

#### **a) Barra Sandvik**

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

Cuadro 2: Modelos de barras Sandvik para distintos diámetros de brocas

Modelo	Diámetro (pulg)	(mm)
R32	1 ¼	51-64
T35	1 3/8	54-57
T38	1 ½	64-76
T45	1 ¾	70-102
T51	2	89-127
T45 Tube	1 ¾	76
ST58Tube	2 ¼	89-152
ST68 Tube	2 ¾	102- 152

#### **b) Barra Boart Longyear**

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

## **2.2.6. CUIDADOS Y MANTENIMIENTO**

### **a. Desgaste del carburo cementado**

Según Orcon C. A. (2014) El carburo cementado de las plaquitas y botones se ve sometido al desgaste durante la perforación, la mayor parte del desgaste se produce por la abrasión al girar la broca contra el fondo y las paredes del barreno. Si el desgaste llega a ser excesivo, disminuirá la velocidad de penetración y tanto el carburo cementado como los demás componentes de la columna del varillaje estarán sometidos a una fatiga anormalmente alta, por este motivo es necesario afilar el carburo cementado a intervalos regulares para restablecer su forma original cada tipo de roca produce un tipo y grado de desgaste diferente.

### **b. desgaste frontal**

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

### **c. Desgaste diametral**

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

Las micro fisuras se deben eliminar tan pronto como se descubren ya

que de lo contrario se harán más profundas y finalmente se darán lugar a que se desprendan fragmentos de carburo cementado, en algunos tipos de roca no se produce ningún desgaste visible no obstante aun estos casos se debe afilar el carburo cementado para impedir que se origine daños por fatiga en tales circunstancias se recomienda un intervalo de 300 metros para botones y 150 metros para plaquitas.

#### **d. Intervalo de afilado**

Según Orcon C. A. (2014) Las brocas de botones se deben afilar solo si la velocidad de penetración disminuye considerablemente o si el carburo cementado comienza a mostrar señales de daño, las brocas de pequeños diámetros de botones en especial las que se utilizan las que se utilizan con perforadoras hidráulicas no requieren por lo general ningún tipo de afilado. No obstante, puede resultar beneficioso afilar las de mayor tamaño. La velocidad de penetración disminuye normalmente cuando los botones presentan un desgaste frontal equivalente a la mitad de su diámetro Sin embargo el afilado será más fácil, más rápido y más económico si los botones si los botones se afilan cuando el desgaste alcanza un tercio de su diámetro.

Las brocas de plaquitas se deben afilar cuando el filo de corte tenga una anchura de 3 mm, medido a 5 mm del extremo de la broca, la mejor forma de comprobarlo es utilizar una plantilla o calibre de afilado. Los botones de carburo cementado se deben afilar hasta restablecer su forma original la forma más sencilla de hacerlo es utilizar una muela de copa recubierta con diamantes sintéticos, si fuese necesario rebajar el acero frente de la broca antes de afilar los botones se pueden unas muelas especiales para esta aplicación también existen muelas de afilar que hacen ambos trabajos.

### **2.2.7. COSTO DE PERFORACIÓN**

Según Orcon C. A. (2014) El costo de perforación es un costo directo que intervienen directamente en las operaciones de mina, es un costo

variable, que depende de la producción de toneladas de mineral el costo de perforación se mide el total de costo unitario de las columnas de perforación entre las toneladas producidas de mineral. USD/TN

El costo unitario de perforación se calcula, la cantidad total de costo unitario de perforación entre los metros perforados por las columnas de perforación.

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

## 2.3 SISTEMA DE HIPOTESIS

### 2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL:

**Ho:** La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

### 2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- a. El control de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.
- b. El control de la vida útil de la barra de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

## 2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Roca:** Según R.A.E. Material sólido de origen natural formado por una asociación de minerales o por uno solo, que constituye una parte importante de la corteza terrestre.
- **Taladro.** Según R.A.E. Herramienta aguda o cortante con que se agujerea la roca u otra cosa. Agujero practicado con esta herramienta.

- **Parámetros:** *Según R.A.E.* Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. Es difícil entender esta situación basándonos en los parámetros habituales.
- **Paralelismo:** *Según R.A.E.* Cualidad de paralelo o continuada igualdad de distancia entre líneas o planos.
- **Voladura.** *Según D.L.E.* Acción y resultado de volar una cosa, en especial una construcción y minería, mediante la utilización de un explosivo.
- **Yacimiento:** *Según D.L.E.* Lugar donde se halla de forma natural un mineral, una roca o un fósil
- **Costos operativos:** *Según CEMPRO.* Los costos de operación son los gastos que afrontará la institución durante el periodo posterior a la inversión inicial; es decir, después de culminada la ejecución del proyecto.
- **Costos directos:** *Según DEBITOOR.* También llamados costos directos, se trata de un tipo de gasto que tiene una relación directa a la realización y producción de los productos o servicios que ofrece una empresa.
- **Costos indirectos:** *Según LIFEDER.* Son aquellos costos que debe cubrir una fábrica para la manufactura de un producto, aparte de los materiales y la mano de obra directa.

## 2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

### 2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

X= Optimización de la vida útil

### 2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Y= reducción de costos

## 2.6 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>Estudio del Tráfico Vehicular</b> (Cuantitativo)	El estudio del tráfico vehicular se realiza con la finalidad de brindar un aliviamiento a las vías de alto congestionamiento y también determinar problemas existentes	Conteo vehicular	Volúmenes de vehículo Flujo de saturación Nivel de servicio	Veh/día  A, B, C, D, E, F.
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> <b>Optimización de la Red Vial</b> (Cuantitativo)	Las redes viales están constituidas por el conjunto de vías terrestres, marítimas y aéreas a través de las cuales podemos lograr establecer relaciones comerciales y trasladar personas u objetos de un lugar a otro. Dentro de todas las redes viales existen características y dispositivos que nos permiten clasificarlas por su nivel de servicio, su capacidad y medir sus volúmenes y sus tiempos de semáforos.	Reprogramación de Semáforos	Faces de semáforo: Tiempo verde Tiempo rojo Tiempo amarillo	Seg.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

Distrito: Vitoc

Provincia: Chanchamayo

Región: Junín

#### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Oseda, Dulio (2008; 117), Es **aplicada** por que el tipo de estudio de la presente investigación persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar.

De acuerdo a la intervención del investigador es de tipo **experimental**, ya que en la investigación el investigador manipula la variable.

De acuerdo a la planificación de la toma de datos es **prospectiva**, ya que el investigador analizará datos in situ.

De acuerdo al número de veces en las que se mide la variable es **longitudinal**, ya que el investigador tomará varias medidas en un periodo de tiempo.

De acuerdo al número de variables es **analítica**, ya que la investigación tiene más de una variable, en este caso dos.

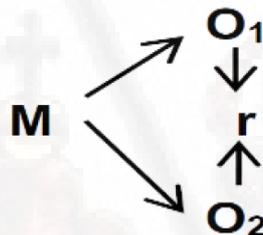
### 3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Según Díaz, Víctor (2006) pág 129, Es **correlacional** porque evalúan el grado de relación entre dos variables, pudiendo incluir varios pares de evaluaciones de esta naturaleza en una única investigación.

La investigación correlacional tiene, en alguna medida un valor explicativo, aunque parcial. Puesto que saber que dos conceptos o variables están relacionados aporta cierta información explicativa.

### 3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con González, A. (2014, pág. 104) un diseño de investigación Correlacional se caracteriza por una misma muestra específica, se miden dos variables de estudio, luego estas se comparan estadísticamente (correlacional) mediante un coeficiente de correlación, cuyo diagrama es el siguiente:



DONDE:

M: Muestra elegida

O1: Optimización de la vida útil de los aceros

O2: Reducción de costos

r: Relación entre variables

### 3.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.5.1 MÉTODO GENERAL

- En la presente investigación; Se utilizó el método científico. En la actualidad según Cataldo, (1992: 26): “El estudio del método es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “Método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y

procedimientos que le permiten al investigador realizar objetivos. deductivo – inductivo. **Observación - Análisis y comparación.**

Para ello se emplearán los siguientes pasos.

- Análisis de datos antiguos de consumo de aceros perforación.
- Análisis de vida útil.
- Estimación de costos por labores.
- Comparación de medias de consumo.

### **3.5.2 MÉTODO ESPECÍFICO**

De acuerdo a la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista (2006), se empleará el Método Analítico, en el que se busca el análisis y comparación mediante la observación, así como establecer las causas de los eventos para presentar una adecuada recomendación referente al análisis de broca para la reducción de costos empleado en la mina San Vicente.

Correlacional porque se busca establecer usando la descripción de lo realizado lo alcanzado con la optimización de la vida útil de los aceros de perforación.

Para ello se emplearán los siguientes pasos.

- Análisis de datos de consumo de aceros de perforación insitu en labores de avance.
- Análisis de vida útil de barras y brocas vs operador.
- Estimación de costo por labor de avance/ operador.

## **3.6 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO**

### **3.6.1 POBLACIÓN**

Según Gonzales, Abel (2014:164) “la población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matricula en una misma universidad, o similares”.

La población está constituida por el uso de los aceros (brocas y barrenos) en las labores de avance (Subniveles SN, Galerías GL, Cruceros CX, Rampas RP) de **Mina San Vicente**.

### 3.6.2 MUESTRA

El mismo Gonzales, Abel (2014:165) menciona que “la muestra es una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (poseer las principales características de la población) la que hace posible que el investigador, que trabaja con la suma, generalice sus resultados a la población”.

En el caso de nuestra investigación la muestra es todas las labores de avance/Numero de aceros de perforación broca de 45 mm y barra de 12 pies de la **Mina San Vicente**.

### 3.6.3 MUESTREO

El tipo de muestreo es **no probabilístico**, es decir el muestreo realizado fue de forma intencional dentro de las labores de avance de **Mina San Vicente**.

## 3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### ➤ Técnicas

Según Gonzales, Abel (2014:169) La observación “es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

- a) **Observación:** Técnica empleada para monitorear los aceros de perforación en las labores de avance de **Mina San Vicente**.
- b) Registro de datos pasados: Hacemos un registro data base de datos pasados relacionados a los aceros de perforación.

- c) Registro de datos de campo: Al tener la muestra seleccionada se toman datos de campo usando fichas de bases de datos.
- d) Análisis de datos: Se realiza el análisis de los datos obtenidos para evaluar los incrementos de la vida útil de los aceros.

➤ **Instrumento**

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- Datos de campo (in situ).
- Comparaciones estadísticas.
- Análisis de reducción de costos de aceros.

### **3.8 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos observados y medidos se procesarán vía progresión aritmética y se sacarán el promedio general de las medidas de los metros lineales de avance vs brocas utilizadas.

**a) Reporte diario de operación en labores de avance:**

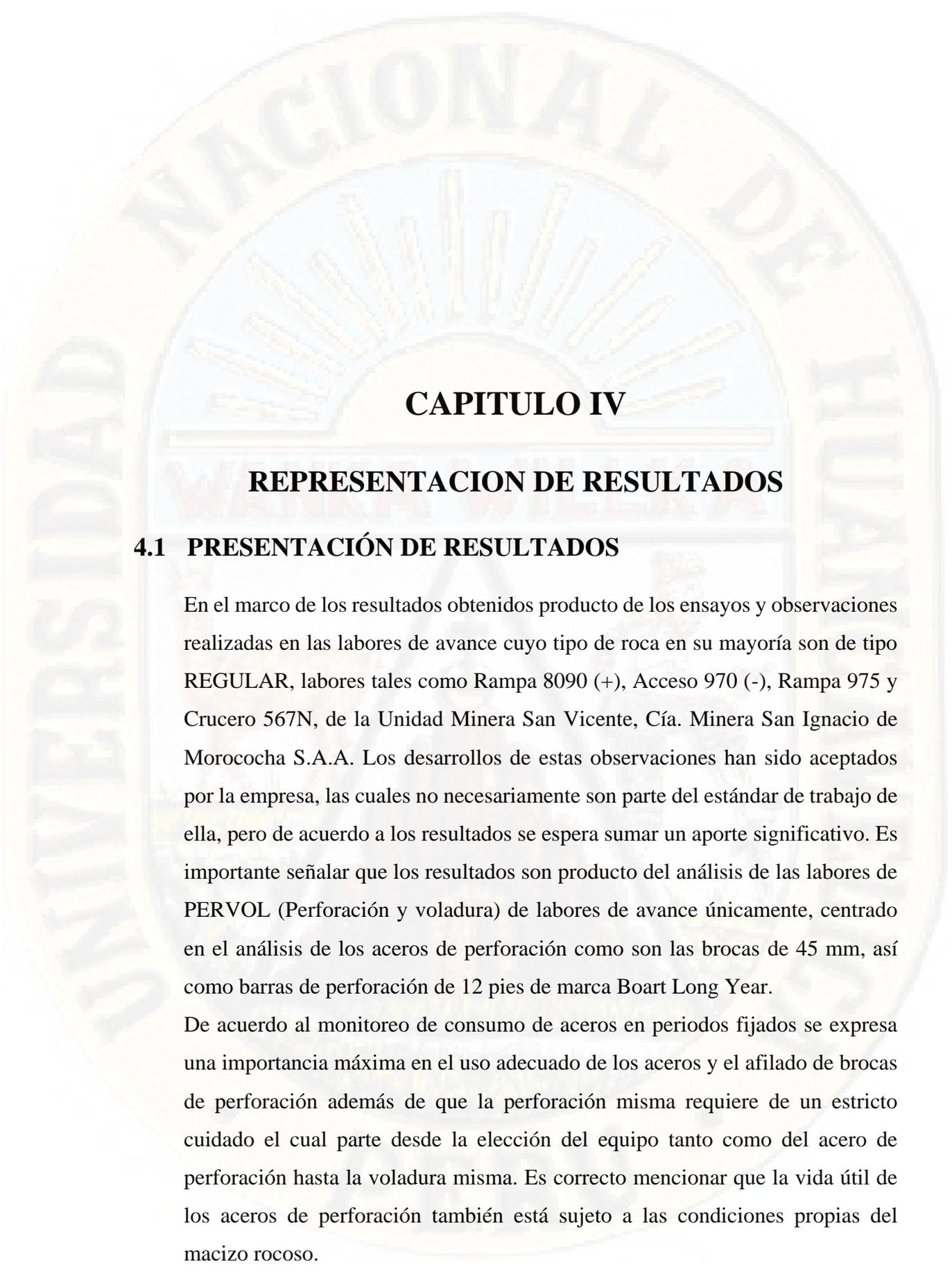
- Aceros utilizados.
- Número de taladros.
- Avance lineal.

**b) Se utilizará el programa Excel para calcular los costos de:**

- Consumo de aceros/guardia.
- Cálculos de eficiencias, rendimientos y costos unitarios en aceros de perforación.

**c) Software:**

- Procesadores de Texto.
- Hojas de Cálculo.
- Bases de Datos.
- Graficadores: AutoCAD, Excel, SPSS etc.



## **CAPITULO IV**

### **REPRESENTACION DE RESULTADOS**

#### **4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En el marco de los resultados obtenidos producto de los ensayos y observaciones realizadas en las labores de avance cuyo tipo de roca en su mayoría son de tipo REGULAR, labores tales como Rampa 8090 (+), Acceso 970 (-), Rampa 975 y Crucero 567N, de la Unidad Minera San Vicente, Cía. Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. Los desarrollos de estas observaciones han sido aceptados por la empresa, las cuales no necesariamente son parte del estándar de trabajo de ella, pero de acuerdo a los resultados se espera sumar un aporte significativo. Es importante señalar que los resultados son producto del análisis de las labores de PERVOL (Perforación y voladura) de labores de avance únicamente, centrado en el análisis de los aceros de perforación como son las brocas de 45 mm, así como barras de perforación de 12 pies de marca Boart Long Year.

De acuerdo al monitoreo de consumo de aceros en periodos fijados se expresa una importancia máxima en el uso adecuado de los aceros y el afilado de brocas de perforación además de que la perforación misma requiere de un estricto cuidado el cual parte desde la elección del equipo tanto como del acero de perforación hasta la voladura misma. Es correcto mencionar que la vida útil de los aceros de perforación también está sujeto a las condiciones propias del macizo rocoso.

El consumo calculado después de optimizar la vida útil de los aceros de perforación, son comparados con el consumo habitual o estipulado antes del análisis realizado con un desarrollo habitual para luego evaluar el impacto en los costos de las labores de avance y directamente en el de los aceros de perforación.

Finalmente es importante precisar, que, para tener fiabilidad en los cálculos de los resultados, se procesó los datos con el programa estadístico IBM SPSS 23.0 (Programa Estadístico), además la redacción estuvo orientada por las normas del estilo APA séptima edición.

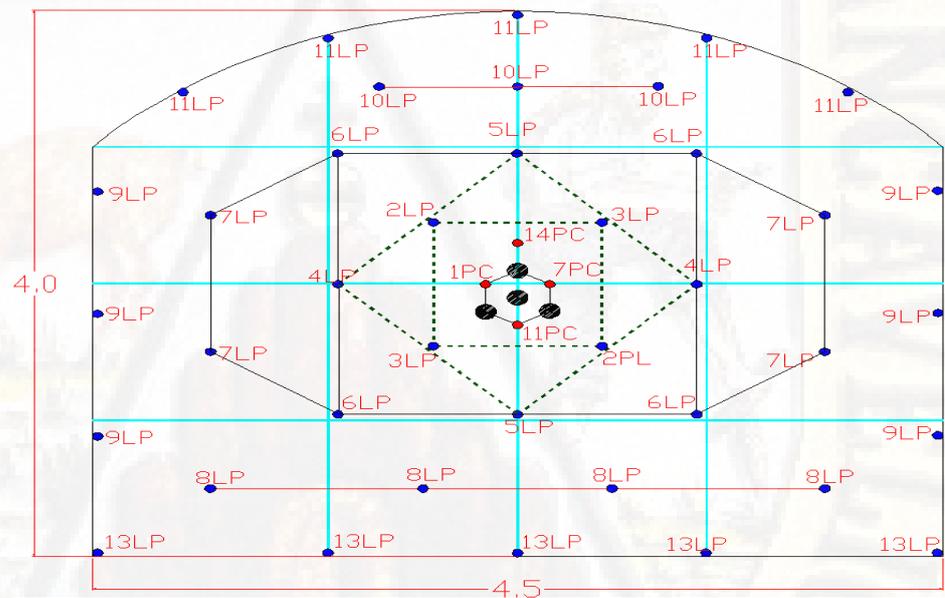
#### **4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES DE AVANCE**

**a) Rampa 8090 (+):** Esta labor de rampa positiva se encuentra en el nivel 1300 en la zona Norte de Ayala Inferior área 71S, labor de acceso principal cuya sección es de 4.5 x 4.0 m en el cual se emplea equipo Jumbo para la perforación y avance, con la limpieza de un Scoop de 4.3 m<sup>3</sup> (6 Yd<sup>3</sup>). Esta labor cuenta con señalización adecuada, sistema de ventilación y servicios básicos necesarios para continuar el avance. Labor con filtración de agua cuya limpieza es por gravedad.

Para continuar el ciclo de minado, esta labor cuenta con una cámara de acumulación de desmonte próxima al tope de la labor y otra a 50 metros, cada uno con el objetivo de aliviar los tiempos de limpieza, para luego ser evacuados a superficie y/o servir como relleno para tajeos próximos a la labor.

Cuadro 3 Especificaciones técnicas de la Rampa 8090 (+) y malla de perforación estándar.

DESCRIPCIÓN	
Labor	Rampa 8090 (+)
Sección (m)	4.5 x 4.0
Nivel	1300
Area	71 S
PARAMETROS DE ROCA	
RMR	58
Clase	Regular
GSI	MF/R
Densidad	2.7
PARAMETROS DE PERFORACIÓN	
Ø broca (mm)	45
Ø rimador (mm)	100
Longitud de barreno (pies)	12
Eficiencia de Perforación (%)	95
Total de taldros	49



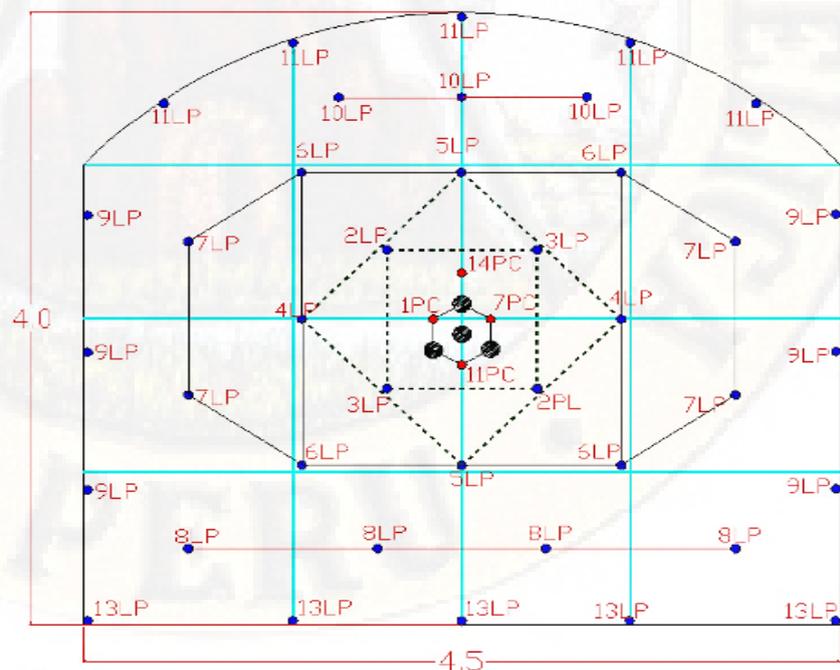
b) **Rampa 8010 (-):** Esta labor de rampa negativa se encuentra en el nivel 1370 en la zona Sur de Ayala Superior área 17 S, labor de acceso principal cuya sección es de 4.5 x 4.0 m en el cual se emplea equipo Jumbo para la perforación y avance, con la limpieza de un Scoop de 4.3 m<sup>3</sup> (6 Yd<sup>3</sup>). Esta labor cuenta con señalización adecuada, sistema de ventilación y servicios básicos necesarios para

continuar el avance. Labor con mediana filtración de agua cuyo bombeo es mecanizado.

Para continuar el ciclo de minado, esta labor cuenta con una cámara de acumulación de desmonte próxima al tope de la labor y otra a 50 metros, cada uno con el objetivo de aliviar los tiempos de limpieza, para luego ser evacuados a superficie y/o servir como relleno para tajeros próximos a la labor.

Cuadro 4 Especificaciones técnicas de la Rampa 8010 (-) y malla de perforación estándar.

DESCRIPCIÓN	
Labor	Rampa 8010 (-)
Sección (m)	4.5 x 4.0
Nivel	1370
Area	17 S
PARAMETROS DE ROCA	
RMR	51
Clase	Regular
GSI	MF/R
Densidad	2.7
PARAMETROS DE PERFORACIÓN	
Ø broca (mm)	45
Ø rimador (mm)	100
Longitud de barreno (pies)	12
Eficiencia de Perforación (%)	95
Total de taldros	49

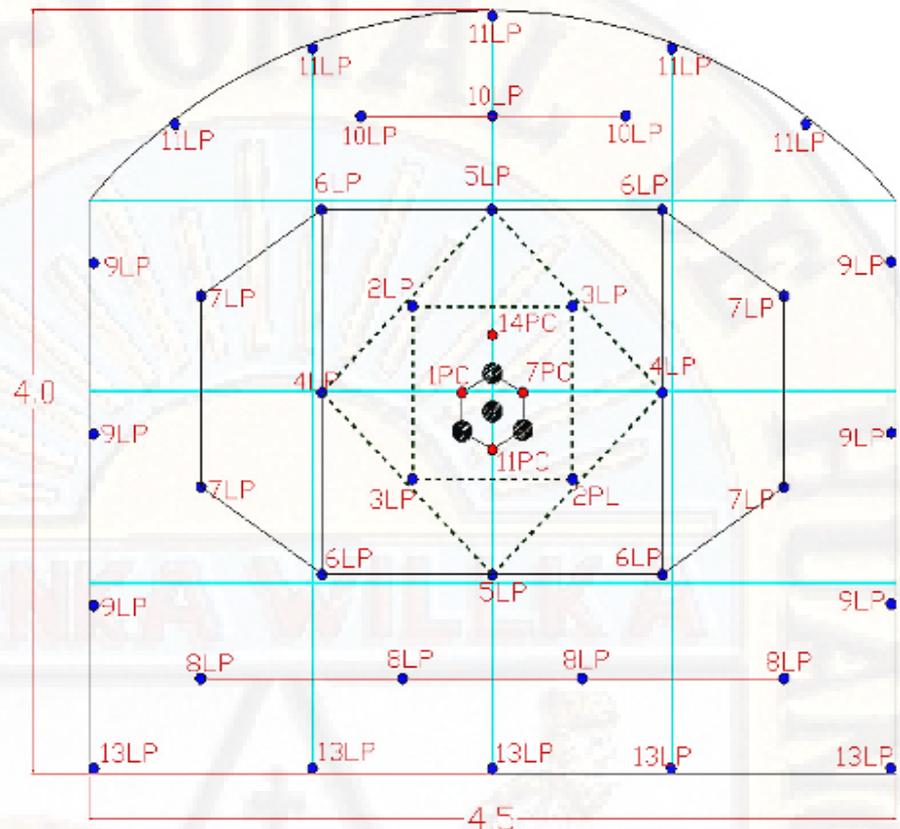


c) **Rampa 630 (-):** Esta labor de rampa negativa se encuentra en el nivel 1430 en la zona Norte de Ayala Inferior área 37, labor de acceso principal cuya sección es de 4.5 x 4.0 m en el cual se emplea equipo Jumbo para la perforación y avance, con la limpieza de un Scoop de 4.3 m<sup>3</sup> (6 Yd<sup>3</sup>). Esta labor cuenta con señalización adecuada, sistema de ventilación y servicios básicos necesarios para continuar el avance. Labor con abundante filtración de agua cuyo bombeo es mecanizado.

Para continuar el ciclo de minado, esta labor cuenta con una cámara de acumulación de desmonte próxima al tope de la labor y otra a 50 metros, cada uno con el objetivo de aliviar los tiempos de limpieza, para luego ser evacuados a superficie y/o servir como relleno para tajeos próximos a la labor.

Cuadro 5 Especificaciones técnicas de la Rampa 630 (-) y malla de perforación estándar.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Labor	Rampa 630 (-)
Sección (m)	4.5 x 4.0
Nivel	1430
Area	37
<b>PARAMETROS DE ROCA</b>	
RMR	55
Clase	Regular
GSI	MF/R
Densidad	2.7
<b>PARAMETROS DE PERFORACIÓN</b>	
Ø broca (mm)	45
Ø rimador (mm)	100
Longitud de barrenos (pies)	12
Eficiencia de Perforación (%)	95
Total de taldros	49

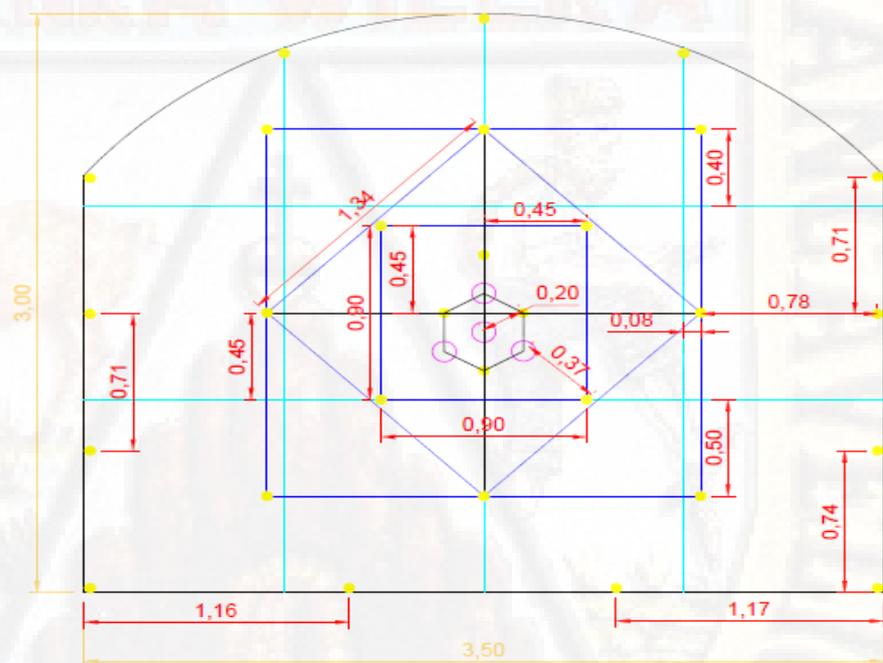


**d) Crucero 567 N:** Esta labor de acceso con pendiente positiva se encuentra en el nivel 1515 en la zona Norte de Ayala Inferior área 11, labor de acceso principal cuya sección es de 3.5 x 3.0 m en el cual se emplea equipo Jumbo para la perforación y avance, con la limpieza de un Scoop de 3.0 m<sup>3</sup> (4 Yd<sup>3</sup>). Esta labor cuenta con señalización adecuada, sistema de ventilación y servicios básicos necesarios para continuar el avance. Labor con filtraciones minúsculas que no afectan el avance.

Para continuar el ciclo de minado, esta labor cuenta con una cámara de acumulación de desmonte próxima al tope de la labor y otra a 50 metros, cada uno con el objetivo de aliviar los tiempos de limpieza, para luego ser evacuados a superficie y/o servir como relleno para tajeos próximos a la labor.

Cuadro 6 Especificaciones técnicas de la Crucero 567 N y malla de perforación estándar.

DESCRIPCIÓN	
Labor	Crucero 567 N
Sección (m)	3.5 x 3.0
Nivel	1515
Area	11
PARAMETROS DE ROCA	
RMR	53
Clase	Regular
GSI	MF/R
Densidad	2.7
PARAMETROS DE PERFORACIÓN	
Ø broca (mm)	45
Ø rimador (mm)	100
Longitud de barreno (pies)	12
Eficiencia de Perforación (%)	95
Total de taldros	33



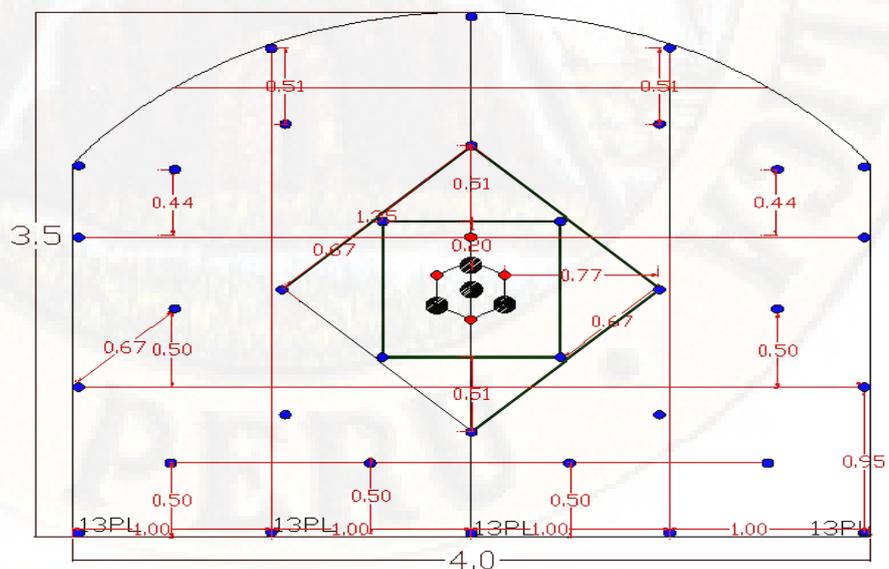
e) **Acceso 640 (+)**: Esta labor de rampa positiva se encuentra en el nivel 1430 en la zona Norte de Ayala Inferior área 37, labor de acceso principal cuya sección es de 4.0 x 3.5 m en el cual se emplea equipo Jumbo para la perforación y avance, con la limpieza de un Scoop de 4.3 m<sup>3</sup> (6 Yd<sup>3</sup>). Esta labor cuenta con señalización adecuada, sistema

de ventilación y servicios básicos necesarios para continuar el avance. Labor con escasa filtración de agua cuyo bombeo es mecanizado.

Para continuar el ciclo de minado, esta labor cuenta con una cámara de acumulación de desmonte próxima al tope de la labor y otra a 50 metros, cada uno con el objetivo de aliviar los tiempos de limpieza, para luego ser evacuados a superficie y/o servir como relleno para tajeos próximos a la labor.

Cuadro 7 Especificaciones técnicas de la Acceso 640 (+) y malla de perforación estándar.

DESCRIPCIÓN	
Labor	Acceso 640 (+)
Sección (m)	4.0 x 3.5
Nivel	1430
Area	37
PARAMETROS DE ROCA	
RMR	56
Clase	Regular
GSI	MF/R
Densidad	2.7
PARAMETROS DE PERFORACIÓN	
Ø broca (mm)	45
Ø rimador (mm)	100
Longitud de barreno (pies)	12
Eficiencia de Perforación (%)	95
Total de taldros	42

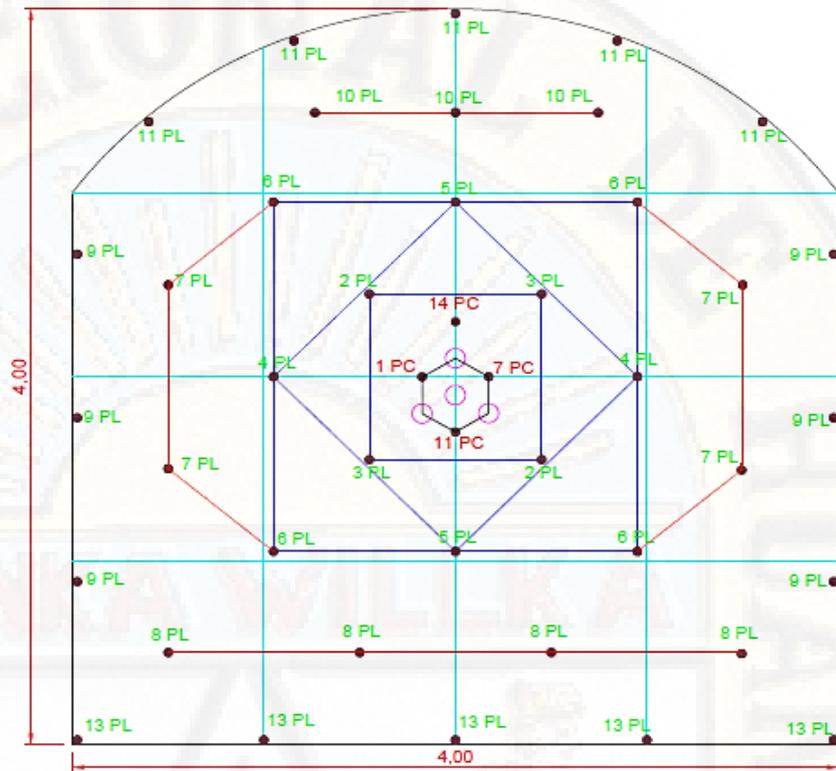


**f) Rampa 975 (-):** Esta labor de rampa negativa se encuentra en el nivel 1630 en la zona Norte de Ayala Inferior área 37, labor de acceso principal cuya sección es de 4.0 x 4.0 m en el cual se emplea equipo Jumbo para la perforación y avance, con la limpieza de un Scoop de 3.03 m<sup>3</sup> (4 Yd<sup>3</sup>). Esta labor cuenta con señalización adecuada, sistema de ventilación y servicios básicos necesarios para continuar el avance. Labor negativa que requiere una bomba de apoyo para evacuar el agua producto de la perforación.

Para continuar el ciclo de minado, esta labor cuenta con una cámara de acumulación de desmonte próxima al tope de la labor y otra a 50 metros, cada uno con el objetivo de aliviar los tiempos de limpieza, para luego ser evacuados a superficie y/o servir como relleno para tajeos próximos a la labor.

Cuadro 8 Especificaciones técnicas de la Rampa 975 (-).

<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Labor	Rampa975 (-)
Sección (m)	4.0 x 4.0
Nivel	1630
Area	23 S
<b>PARAMETROS DE ROCA</b>	
RMR	51
Clase	Regular
GSI	MF/R
Densidad	2.7
<b>PARAMETROS DE PERFORACIÓN</b>	
Ø broca (mm)	45
Ø rimador (mm)	100
Longitud de barreno (pies)	12
Eficiencia de Perforación (%)	95
Total de taldros	47



#### 4.1.2 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE PERFORACIÓN

a) **Brocas de perforación:** Son aquellas empleadas para perforar el macizo rocoso los cuales se distinguen por el diámetro, las de 35 mm son las de sostenimiento y de 45 mm de diámetro para perforación de taladros de avance y producción, la marca usada es la de BOART LONG YEAR.

Imagen 1. Descripción y partes de una broca de perforación.



- b) **Barras:** Son aquellas empleadas para transferir energía rotacional y de percusión a las brocas de perforación y así lograr perforar el macizo rocoso, brindándole una longitud adicional para el avance en el minado. En este caso empleamos barras de perforación de 12 pies tipo hexagonales, hilo tipo cuerda, usado para taladros de paso único de la marca BOART LONG YEAR.

Imagen 2. Descripción y partes de una barra de perforación.



#### 4.1.3 PRESIONES DE TRABAJO

Es importante conocer cuáles son los límites permisibles de las presiones de trabajo del equipo de perforación esto garantiza un trabajo óptimo y con ello el incremento de la vida útil de los aceros de perforación

- a) **Presión de posicionamiento:** Es la presión de la bomba principal del equipo para el funcionamiento del sistema de perforación. La cual debe estar regulada entre los 200 a 210 bares de presión
- b) **Presión de emboquillado:** Este trabajo se inicia con las presiones de Rotación, Percusión y Avance en baja, hasta encontrar el punto adecuado de perforación para luego incrementar a full la perforación.
- c) **Presión de rotación:** La presión de rotación está regulado de acuerdo al tipo de motor de rotación que lleva la perforadora COP1838ME. Esta presión se regula entre los 40 a 50bar. Cuando el manómetro oscila por encima de los 50bar, nos indica que hay presencia de roca fracturada y

cuando esta sobrepasa los 75 bar, se debe activar automáticamente el sistema anti atasques.

- d)** Presión de percusión: Es la presión de la energía e impacto (golpes/minuto) de la perforadora. Esta presión en emboquillado debe estar en 130 bar y en perforación a full en 170 a 200 bar. Es importante señalar que esto depende mucho del tipo de roca.
- e)** Presión de avance: Esta presión en emboquillado debe estar en 40 a 50 bar y en perforación a full en 70 a 90 bar. Es importante señalar que una fuerza de avance deficiente genera una pérdida de energía en la columna de la barra.
- f)** Presión de barrido: Esta presión debe estar regulada en 10 bar como mínimo, cuando esta presión cae la bomba buster se apaga automáticamente.
- g)** Presión de aire: La presión mínima de aire debe marcar en 3 bar, si se tuviera presiones bajas esto se reflejará en deficiencias en la lubricación de la perforadora.
- h)** Presión del damping: Es la presión que sirve como mecanismo de protección de amortiguación del pistón de impacto de la COP, la cual debe estar en los 20 bar.

Cuadro 9. Resumen de presiones de trabajo de equipo Jumbo

<b>Presiones de trabajo</b>		
	<b>Enboquillado</b>	<b>Perf: Plena Alta</b>
<b>Rotación</b>	<b>40 a 50 bares</b>	<b>45 a 55 bares</b>
<b>Percusión</b>	<b>130 a 140 bar</b>	<b>180 a 200 bar.</b>
<b>Avance</b>	<b>40 a 60 bar</b>	<b>60 a 80 bar</b>
<b>Amortiguación</b>	<b>40 bar</b>	<b>Incrementa dependiendo presión de avance.</b>
<b>Aire</b>	<b>04 bar</b>	<b>04 bar</b>
<b>Agua</b>	<b>05 a 15 bar</b>	<b>05 a 10 bar</b>

## **4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

### **4.2.1 ANÁLISIS DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN**

Garantizar una eficiencia optima en la perforación radica en elegir adecuadamente el acero cuya calidad se refleje en su rendimiento, por ello es importante realizar una correcta elección de este, desde el inicio de su adquisición sujeta a las pruebas de campo y su rendimiento neto en metros o pies perforados. En mina San Vicente se han tomado las consideraciones respectivas de acuerdo a las especificaciones técnicas brindadas por nuestro proveedor y se eligieron las brocas de perforación de 45 mm de diámetro para la perforación cuyo rendimiento óptimo está por encima de los 2800 pies perforados de vida útil.

Ahora bien, luego de tener el producto que garantice una perforación optima, es importante tener en cuenta el monitoreo del uso adecuado de este,

observando el comportamiento del acero y manteniendo en alerta cualquier desgaste para darle el auxilio necesario si es para realizar el afilado de brocas o su cambio de acuerdo al desgaste que presente.

Es imprescindible mencionar que una broca al no ser afilada oportunamente puede perder una vida útil de 35 a 45% menos del cual se estima. Además de no hacerse ello se estaría afectando el desgaste de otros componentes del equipo de perforación, cuando este se mantenga en uso.

Fotografía 1. Desgaste de las brocas de perforación por uso.



Es necesario conocer el comportamiento de la broca de perforación en distintos terrenos ya que la calidad del macizo rocoso es anisotrópico, por ello se brinda el aporte necesario y las consideraciones técnicas en cuanto a las presiones que varían en función a la calidad del terreno, con ello se garantiza la perforación y la vida útil.

Si bien es cierto en unidad minera San Vicente se perdió la cultura del afilado de brocas, ello se ha relegado en un consumo mayor de brocas y también es claro señalar la falta de control al hacerse la entrega de las brocas a los operadores de equipos jumbo es una deficiencia enorme.

El mayor consumo de las brocas de perforación se debe principalmente a los siguientes factores.

- No se afila la broca por falta de personal capacitado y asignado a este trabajo.
- Falta de control en la entrega de brocas a operadores jumbo.
- Presiones de trabajo y RPM de equipos jumbo deficientes.
- Centralizadores de equipos jumbo en mal estado o inexistentes.

Es claro señalar que la perforación representa un 80 % de eficiencia en la voladura por lo que es un aspecto primordial a tener en cuenta.

#### **4.2.2 ANÁLISIS DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN**

Para este caso al igual que las brocas de perforación los resultados de las pruebas han denotado una calidad óptima de las barras hexagonales de 12 pies de longitud para perforaciones de paso único.

En unidad minera San Vicente el control de este acero es deficiente, reflejado también en un consumo ligeramente elevado cuya frecuencia de cambio es menor siendo su entrega sin el recambio para sustituir su entrega.

Fotografía 2. Desgaste habitual de las barras de perforación.



El uso inadecuado de este elemento reduce su vida útil, al trabajar con presiones y RPM deficiente se ve sometido a un esfuerzo distinto al que se enfrenta con el terreno, se generan pandeamientos excesivos y con ellos una rotura. Por ello la asesoría de un personal calificado y cuyas apreciaciones técnicas relacionados a la mejora son importantes.

Estas son las razones de un mayor consumo de las barras de perforación.

- Deficiente uso y manipuleo de las barras.
- Falta de control en el cambio de barra.
- RPM deficiente de equipos jumbo.
- Centralizadores de equipos jumbo en mal estado o inexistentes.

Reiterando que la importancia de la perforación en la voladura, una barra deficiente ocasionara desviaciones significativas en la perforación, transferencia de energía roto - percutiva deficiente y con ello un desgaste prematuro de componentes.

#### **4.2.3 MONITOREO DE LOS ACEROS EN ACTIVIDAD**

Durante el análisis de los aceros de perforación en las actividades de perforación con equipos jumbo durante los meses de data recogida se denotaron valores positivos y negativos lo que invita a corregir ciertas deficiencias que se tiene en la actividad de perforación y así mismo en el de voladura. De este análisis se resumen los errores que se evidenciaron en mina San Vicente, estos son:

- RPM de equipos de perforación elevados.
- Presiones de trabajo deficientes.
- Uso inadecuado y deficiente de los aceros de perforación.
- Falta de control del paralelismo de taladros.
- Falta de trabajo de afilado de brocas.
- Equipos con deficiencia en los centralizadores.
- Falta de control en entrega de aceros de perforación.

##### **a) Presiones de trabajo equipos frontoneros**

Cuadro 10. Resumen de parámetros encontrados en equipos frontoneros.

Presiones de trabajo (Bar)	NOMINAL		PARAMETRO ENCONTRADOS					
			JU 189		JU 184		JU 152	
	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta
Rotación	40	60	40	50	45	50	40	60
Percusión	140	180	150	185	150	190	140	180
Avance	40	80	60	86	50	90	40	80
Barrido	15		10		15		12	
RPM	200		209		340		249	

### b) Presiones de trabajo equipos de sostenimiento

Cuadro 11. Resumen de parámetros encontrados en equipos de sostenimiento.

Presiones de trabajo (Bar)	NOMINAL		PARAMETRO ENCONTRADOS					
			J 027		J 028		J 324	
	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta
Rotación	40	60	40	45	40	50	45	55
Percusión	140	180	120	180	120	170	120	140
Avance	40	80	50	90	50	80	60	100
Barrido	15		10		10		15	
RPM	240		246		250		332	

Como se puede observar en los equipos frontoneros JU184 – JU152 y equipo de sostenimiento J324, se tiene elevado el RPM a comparación de los valores nominales. Esto está generando desgaste prematuro de las brocas y reducción de vida útil, teniendo algunos problemas en la perforación:

- Las brocas de perforación presentan desgastes excesivos de la periferia por excesiva revolución. (mayor presencia en brocas de 45mm generando sobrecarga en la columna de perforación).
- Desgaste excesivo de los perfiles (hexagonal) de la barra de perforación. Con los perfiles gastados la barra tiene la tendencia de ser más flexible ocasionando que los taladros se desvíen.
- En las brocas de 35mm (sostenimiento) se presentan fracturas del inserto periférico y frontal por excesiva RPM. Ya que no se puede realizar un buen emboquillado.

Fotografía 3. Desgaste periférico y botones de las brocas de perforación.



- Los soportes delanteros (dowel) presentan desgastes excesivos, requiere cambio, para tener un mejor posicionamiento el momento de la perforación.

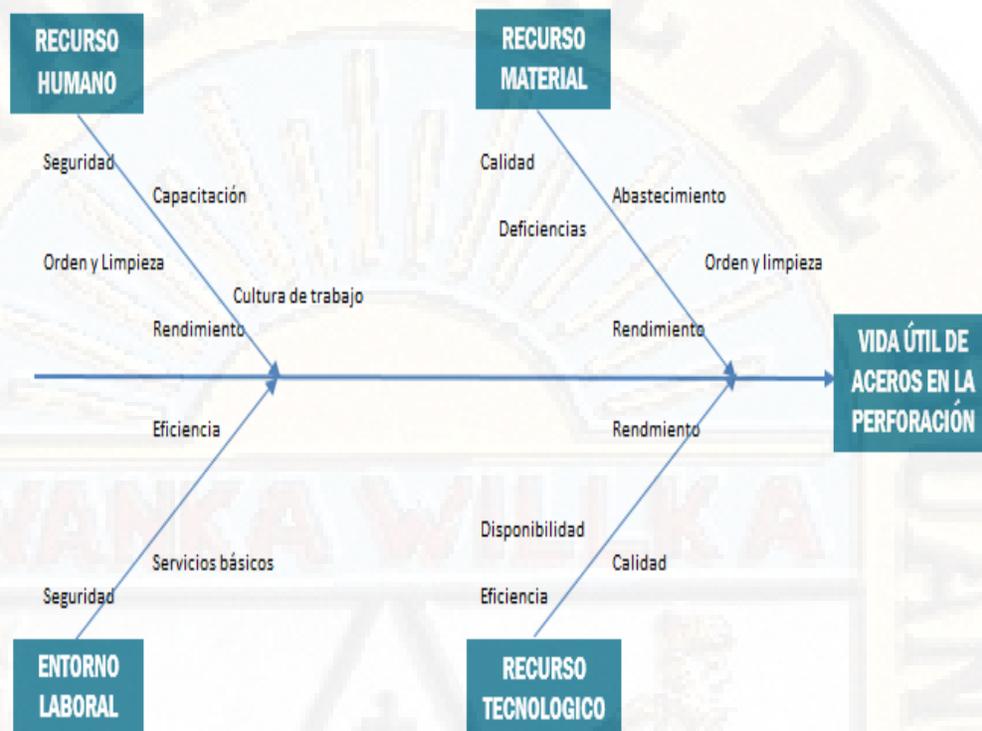
Esto inevitablemente se refleja en un incremento de costos por consumo de aceros, por ello el análisis de la data nos sirve para atacar los puntos críticos que presenta mina San Vicente y con ellos optimizar la vida útil de los aceros de perforación.

#### 4.2.4 ANALISIS CAUSA – EFECTO

A continuación, mediante el diagrama Ishikawa se resume los factores claves en la vida útil de los aceros de perforación en mina San Vicente.

Es necesario realiza el análisis de los factores que influyen directamente para así determinar cuál es la causas de los mismos y determinar el efecto que causan, por ello el diagrama refleja los factores que influyen en la vida útil de los aceros de perforación.

Imagen 3. Diagrama Ishikawa de causa y efecto de la vida útil de los aceros de perforación.



#### a) CAUSAS

Conocer las causas que afectan la vida útil de los aceros de perforación servirán como nexo para determinar qué acciones tomar.

- **RECURSO HUMANO:** Causa deficiente rendimiento, por falta de capacitación en el uso de adecuado de los aceros de perforación y aspectos técnicos de los aceros.
- **RECURSO MATERIAL:** Causa deficiente rendimiento, por falta de afilado de brocas de perforación.
- **RECURSO TECNOLÓGICO:** Causa deficiente rendimiento, por falta de capacitación a operadores de equipos, RPM y presiones de trabajo inadecuadas.
- **ENTORNO LABORAL** Causa deficiente rendimiento, por falta de recomendación geomecánica de calidad de terreno.

## **b) ACCIONES CORRECTIVAS**

Luego de identificar las causas que afectan la vida útil de los aceros de perforación son el inicio de la toma de decisiones para mejorar este aspecto.

Por ello se sugieren las siguientes acciones correctivas.

- **RECURSO HUMANO:** Capacitación continua, por parte de personal calificado de la empresa en el área de perforación y voladura, así mismo, capacitación en el uso adecuado por parte de personal técnico del proveedor.
- **RECURSO MATERIAL:** Retomar trabajos de afilado de brocas previa capacitación del personal técnico del proveedor. Usar guidores en las perforaciones.
- **RECURSO TECNOLÓGICO:** Realizar una auditoria con el respaldo del proveedor y personal mecánico para monitorear los equipos de perforación, para regular las RPM y presiones de trabajo de los equipos jumbo de perforación.
- **ENTORNO LABORAL** Mejorar la recomendación geomecánica por frente de perforación para así garantizar un óptimo en la vida útil de los aceros de perforación.

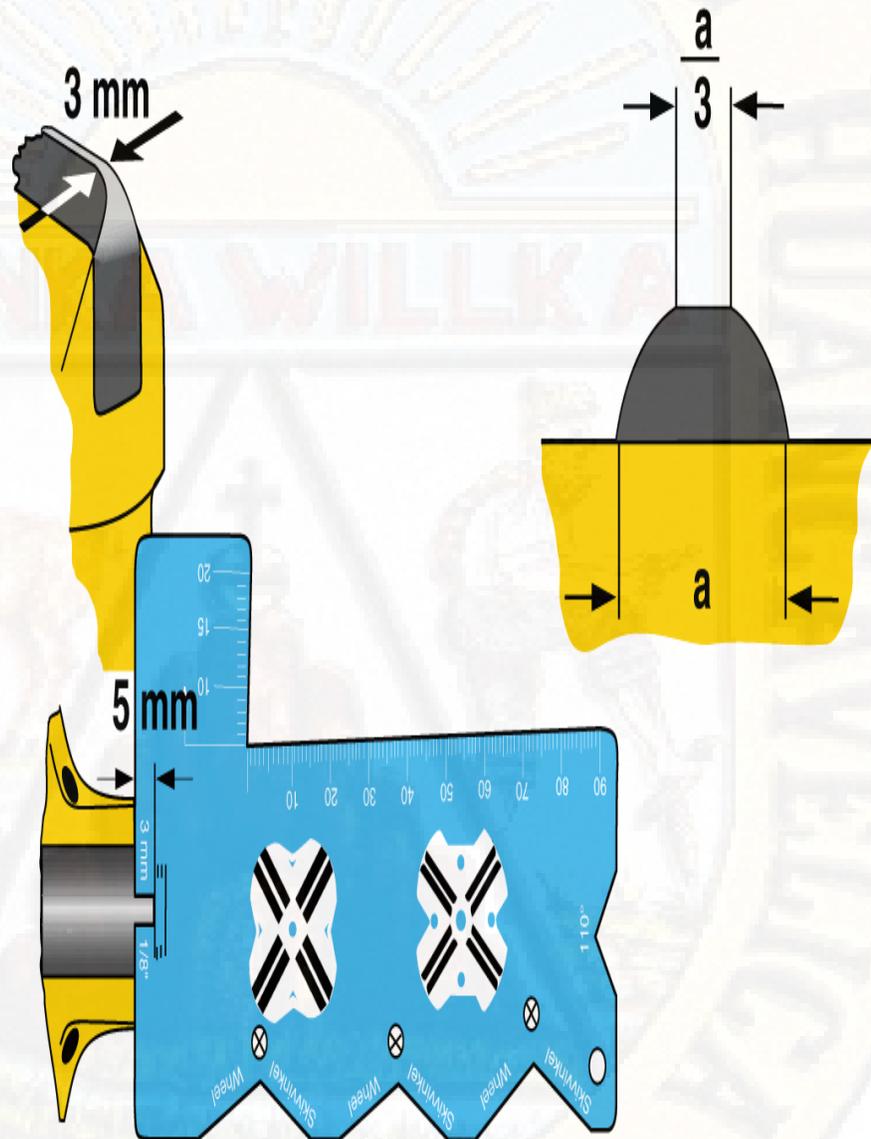
## **4.3 DESARROLLO DE TRABAJO**

### **4.3.1 CAPACITACIÓN DE AFILADO DE BROCAS**

- Es la restauración del inserto a su estado original, con la ayuda de una afiladora
- Se tiene una zona de afilado acondicionada para el trabajo, la afiladora grindex Secoroc neumático en buen estado.
- Para el afilado se requiere copas de 11mm (para broca 45mm R32).
- Se requiere tener un personal responsable para el afilado y poder hacer los trabajos de rectificad, a la fecha no hay personal que haga el trabajo (no hay continuidad en el afilado).

- El afilado de brocas se debe de realizar cuando se tenga un desgaste de  $\frac{1}{3}$  de la media original del inserto.

Imagen 4: Especificaciones del desgaste de broca (Sandvik)



- Se requiere de un seguimiento de desgaste por tipo de roca para identificar el intervalo de afilado en las brocas de perforación. (considerando el desgaste del inserto a  $\frac{1}{3}$ ).

Fotografía 4. Afilado practico del personal capacitado



- Para hacer llegar la importancia de las condiciones de los equipos para el cuidado de los aceros de perforación y afilado de brocas, se dictó la capacitación NOMENCLATURAS DEL ACERO, PARAMETROS DE

Fotografía 5. Personal recibiendo la respectiva capacitación



PERFORACION - IMPORTANCIA DEL AFILADO, al personal de operaciones (guardia G y H).

- Se capacito al personal que realizará el trabajo de afilado, los que son:
  - ❖ Ing. Elvis Artica      Productividad
  - ❖ Ing. Jenner Garcia      Operaciones Mina
- Se capacitó al personal de productividad y operación mina (supervisión), con el objetivo de afianzar mejor la técnica y hacer efecto de réplica a los trabajadores.

Fotografía 6. Realizando el respectivo afilado supervisado



#### 4.3.2 CAPACITACION A OPERADORES EN PARAMETRO DE PERFORACION

Nos solo se capacita al personal encargado del afilado de brocas sino también se capacita al personal operador de Jumbos, que tan importante es conocer los parámetros de perforación para alargar la vida útil de los aceros una buena perforación.

Se capacito en:

##### A) Percusión

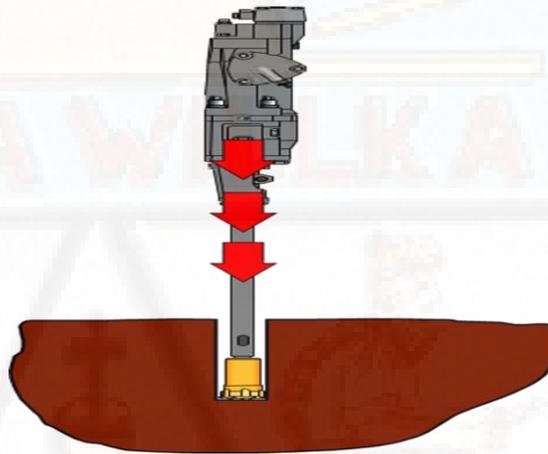
Muy alta: reduce la vida útil de los aceros

Muy baja: Pobre penetración

Bajas presiones son requeridas para:

- ✓ Emboquillado
- ✓ Perforaciones en terreno fracturado
- ✓ Desacople

Imagen 5: Percusión de una perforadora



### **B) Avance**

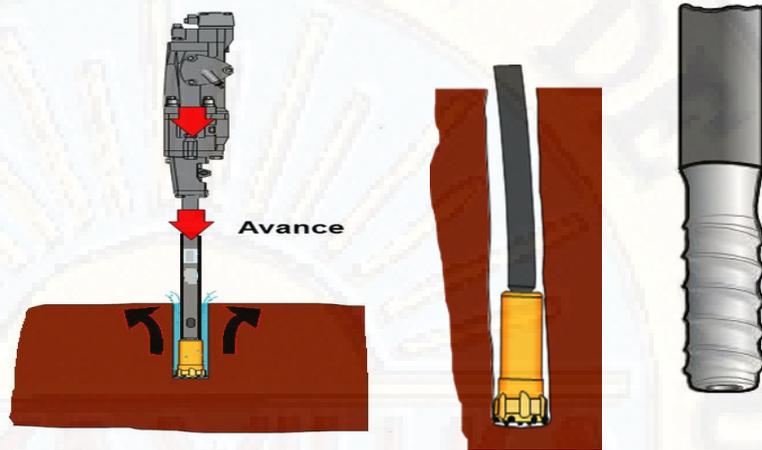
Avance muy alto:

- La columna se dobla (barra)
- Desviación en el taladro

Avance muy baja:

- Desgaste de los hilos
- Disminución de la vida de los aceros

Imagen 6: Avance a un presión adecuada

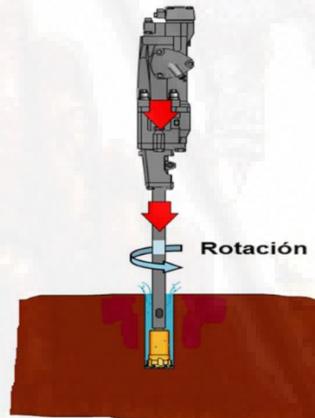


**C) Rotación**

MUY ALTA: Corta vida de la broca

MUY BAJA: Penetración baja riesgo atascar la columna

Imagen 7: Rotación adecuada de la perforadora



**D) Barrido:**

Evacuación de detritos y refrigeración del acero. Agua, aire o espuma.

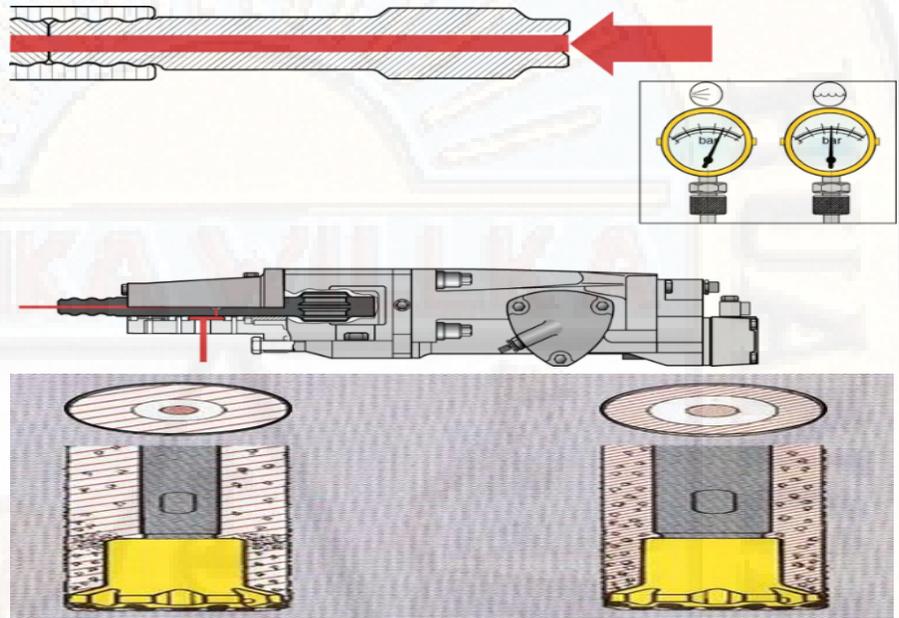
El espacio entre el agujero y la barra es: Importante para la velocidad de flujo.

**Espacio grande = baja velocidad**

Barrido insuficiente:

- Riesgo de atascamiento.
- Recristalización del Acero.

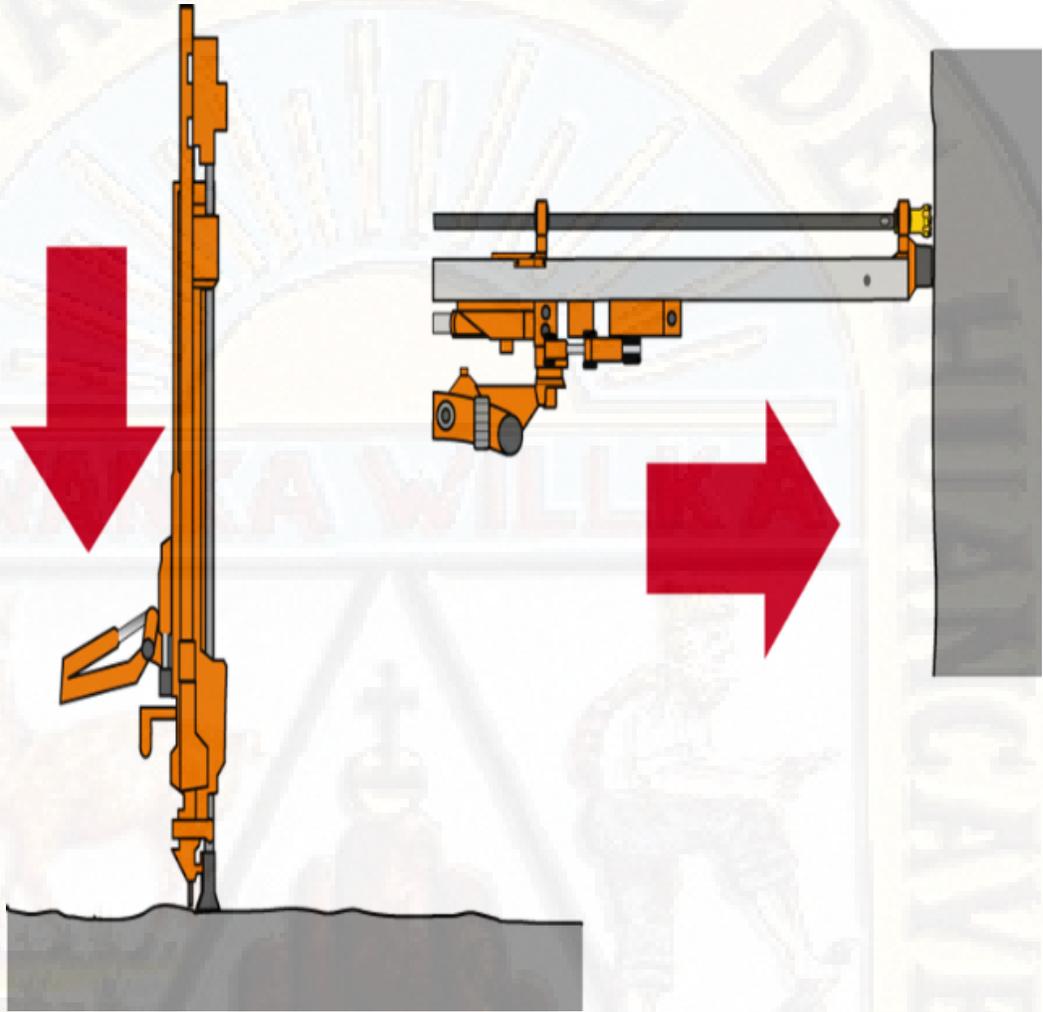
Imagen 8: Barrido adecuado



**E) Posicionamiento:**

Consiste en fijar el DOWELL a la roca de tal forma que no exista movimiento o vibraciones de la viga o brazo del equipo en la perforación

Imagen 9: El posicionamiento adecuado



### 4.3.3 CONTROL DE LOS ACEROS DE PERFORACION EN LAS LABORES DE AVANCE CON LOS RESPECTIVOS EQUIPOS

#### A) CONTROL DE SALIDA DE ACEROS DE PERFORACIÓN

Cuadro 12: Lista de personal de salida de brocas

CAMBIOS DEL JUMBOS AXERA: 189- 184- 152 MES DE ABRIL 2019 (BROCAS 45 mm)						
FECHA	EQUIPO	OPERADOR	CANTIDAD	Nº BROC.	DESCRIPCION	CODIGO SANDVIK
22/03/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	1	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
01/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	45	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
01/04/2019	JB - 189	BASILIO	1	46	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
01/04/2019	JB - 189	BASILIO	1	47	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
01/04/2019	JB - 184	TICSE	1	50	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
02/04/2019	JB - 189	BASILIO	1	56	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
02/04/2019	JB - 189	BASILIO	1	57	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
04/04/2019	JB - 189	BASILIO	1	60	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
04/04/2019	JB - 189	W. CALERO	1	61	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
01/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	62	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
07/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	71	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
07/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	72	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
07/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	76	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
07/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	77	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
07/04/2019	JB - 189	PALACIOS	1	78	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
07/04/2019	JB - 189	PALACIOS	1	79	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
08/04/2019	JB - 189	CONDEZO	1	80	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
08/04/2019	JB - 189	CONDEZO	1	81	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
08/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	84	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
09/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	90	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
09/04/2019	JB - 184	CASTAÑEDA	1	91	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
10/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	92	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
10/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	93	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
11/04/2019	JB - 189	CONDEZO	1	95	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
11/04/2019	JB - 189	CONDEZO	1	96	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
12/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	97	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
13/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	100	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
14/04/2019	JB - 184	TICSE	1	101	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
14/04/2019	JB - 184	TICSE	1	102	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
15/04/2019	JB - 189	W. CALERO	1	109	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
15/04/2019	JB - 189	W. CALERO	1	110	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
15/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	111	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51
15/04/2019	JB - 184	TAQUIRE	1	112	BROCA DE 45MM	7733-5245-S51

## B) CONTROL DE LOS ACEROS (METROS PERFORADOS) UTILIZADO EN CADA JUMBO Y EN SU RESPECTIVA LABOR

Cuadro 13: Control de aceros de perforación en metros perforados



### CONTROL DE METROS PERFORADOS JUMBO 189

Del 21 Marzo del 2019 al 30 de Abril del 2019

Fecha	Turno Dia						Turno Noche					
	Operador	Nº Taladros		Diametro (mm)	Longitud (m)	Metros Perforados	Operador	Nº Taladros		Diametro (mm)	Longitud (m)	Metros Perforados
		RP 8090 (+)	CX 567					RP 8090	CX 567			
		Desmonte	Desmonte					Desmonte	Desmonte			
21-mar.	CONDEZO	48	44	45	3,35	308,46	BASILIO	45	33	45	3,35	261,52
22-mar.	CONDEZO	45	45	45	3,35	301,75	BASILIO	44	35	45	3,35	264,87
23-mar.	CONDEZO	48	48	45	3,35	321,87	BASILIO	44	35	45	3,35	264,87
24-mar.	W. CALERO	44	44	45	3,35	295,05	CONDEZO	48	35	45	3,35	278,28
25-mar.	W. CALERO	45	45	45	3,35	301,75	CONDEZO	48	35	45	3,35	278,28
26-mar.	W. CALERO	45	48	45	3,35	311,81	CONDEZO	48	35	45	3,35	278,28
27-mar.	W. CALERO	45	44	45	3,35	298,40	CONDEZO	48	35	45	3,35	278,28
28-mar.	W. CALERO	44	44	45	3,35	295,05	CONDEZO	48	35	45	3,35	278,28
29-mar.	W. CALERO	45	45	45	3,35	301,75	CONDEZO	44	35	45	3,35	264,87
30-mar.	W. CALERO	45	48	45	3,35	311,81	CONDEZO	44	35	45	3,35	264,87
31-mar.	BASILIO	44	48	45	3,35	308,46	W. CALERO	48	34	45	3,35	274,93
1-abr.	BASILIO	45	45	45	3,35	301,75	W. CALERO	48	34	45	3,35	274,93
2-abr.	BASILIO	45	44	45	3,35	298,40	W. CALERO	48	34	45	3,35	274,93
3-abr.	BASILIO	45	40	45	3,35	284,99	W. CALERO	45	34	45	3,35	264,87
4-abr.	BASILIO	45	48	45	3,35	311,81	W. CALERO	45	34	45	3,35	264,87
5-abr.	BASILIO	45	48	45	3,35	311,81	W. CALERO	45	34	45	3,35	264,87
6-abr.	BASILIO	44	45	45	3,35	298,40	W. CALERO	45	34	45	3,35	264,87
7-abr.	CONDEZO	44	44	45	3,35	295,05	PALACIOS	48	35	45	3,35	278,28
8-abr.	CONDEZO	48	45	45	3,35	311,81	PALACIOS	44	35	45	3,35	264,87
9-abr.	CONDEZO	44	40	45	3,35	281,64	PALACIOS	44	35	45	3,35	264,87
10-abr.	CONDEZO	44	44	45	3,35	295,05	PALACIOS	44	35	45	3,35	264,87

11-abr.	CONDEZO	48	40	45	3,35	<b>295,05</b>	PALACIOS	44	35	45	3,35	<b>264,87</b>
12-abr.	CONDEZO	48	48	45	3,35	<b>321,87</b>	PALACIOS	48		45	3,35	<b>160,93</b>
13-abr.	CONDEZO	48	48	45	3,35	<b>321,87</b>	PALACIOS	48	35	45	3,35	<b>278,28</b>
14-abr.	W. CALERO	44	48	45	3,35	<b>308,46</b>	YACOLCA	44	34	45	3,35	<b>261,52</b>
15-abr.	W. CALERO	44	33	45	3,35	<b>258,17</b>	YACOLCA	45	34	45	3,35	<b>264,87</b>
16-abr.	W. CALERO	45	48	45	3,35	<b>311,81</b>	YACOLCA	44	34	45	3,35	<b>261,52</b>
17-abr.	W. CALERO	44	40	45	3,35	<b>281,64</b>	YACOLCA	45	34	45	3,35	<b>264,87</b>
18-abr.	W. CALERO	45	45	45	3,35	<b>301,75</b>	YACOLCA	45	34	45	3,35	<b>264,87</b>
19-abr.	W. CALERO	45	44	45	3,35	<b>298,40</b>	YACOLCA	45	34	45	3,35	<b>264,87</b>
20-abr.	W. CALERO	45	44	45	3,35	<b>298,40</b>	YACOLCA	44	34	45	3,35	<b>261,52</b>
21-abr.	PALACIOS	44	44	45	3,35	<b>295,05</b>	W. CALERO	46	34	45	3,35	<b>268,22</b>
22-abr.	PALACIOS	48	45	45	3,35	<b>311,81</b>	W. CALERO	46	34	45	3,35	<b>268,22</b>
23-abr.	PALACIOS	48	45	45	3,35	<b>311,81</b>	W. CALERO	46	34	45	3,35	<b>268,22</b>
24-abr.	PALACIOS	48	45	45	3,35	<b>311,81</b>	W. CALERO	46	34	45	3,35	<b>268,22</b>
25-abr.	PALACIOS	48	45	45	3,35	<b>311,81</b>	W. CALERO	46	34	45	3,35	<b>268,22</b>
26-abr.	PALACIOS	44	45	45	3,35	<b>298,40</b>	W. CALERO	48	34	45	3,35	<b>274,93</b>
27-abr.	PALACIOS	44	45	45	3,35	<b>298,40</b>	W. CALERO			45	3,35	<b>0,00</b>
28-abr.	CONDEZO			45	3,35	<b>0,00</b>	PALACIOS			45	3,35	<b>0,00</b>
29-abr.	CONDEZO	45		45	3,35	<b>150,88</b>	PALACIOS	45	35	45	3,35	<b>268,22</b>
30-abr.	CONDEZO			45	3,35	<b>0,00</b>	PALACIOS			45	3,35	<b>0,00</b>
	<b>PRODUCCION</b>	5941,16	5693,05	45	3,35	11634,22	<b>PRODUCCION</b>	5833,87	4268,11	45	3,35	10101,99
	<b>ACCESORIOS</b>											
<b>TOTAL DE METROS PERFORADOS</b>												<b>21.736,20</b>

### C) CONTROL DE ACEROS EN LAS LABORES

Cuadro 14: Resumen de jumbo metros perforados del mes abril

## PREPARACION

ZONAS	JUMBOS	LABOR	DESMONTE	TOTAL METROS
OPERACIONES	JUMBO - 189	RP 8090 (+) / CX 567	21736,20	21736,20
	JUMBO - 184	RP 630(-) / RP 975(-)	20703,54	20703,54
	JUMBO - 152	AC 640 (+) / RP 8010(-)	7587,39	7587,39
	JUMBO - 155		0,00	0,00
TOTAL			50027,13	50027,13

Descripción:

El cuadro es el resumen de los jumbos cada uno con un especifica labor y jumbo y estas serán más detallados en las siguiente cuadros.

❖ JUMBO – 189 / RP 8090, CX 567

Cuadro 15: Resumen del mes abril Jumbo 189 metros perforados

## JUMBO - 189

PREPARACION

Tipo de roca :Regular

Accesorio de Perforación	Cantidad (Piezas)	METROS PERFORADOS	RENDIMIENTO ( METROS)
Broca de 45 mm	30,00	21736,20	724,54
Barra de 12 pies	7,00	21736,20	3105,17

❖ JUMBO – 184 / RP 630(-), RP 975 (-)

Cuadro 16: Resumen del mes abril Jumbo 184 metros perforados

<b>JUMBO - 184</b>			
<b>PREPARACION</b>	Tipo de roca :Regular		
Accesorio de Perforación	Cantidad (Piezas)	METROS PERFORADOS	RENDIMIENTO ( METROS)
Broca de 45 mm	27,00	20703,54	766,80
Barra de 12 pies	8,00	20703,54	2587,94

❖ JUMBO – 152 / AC 640 (+), RP 8010(-)

Cuadro 17: Resumen Jumbo 152 metros perforados del mes abril

<b>JUMBO - 152</b>			
<b>PREPARACION</b>	Tipo de roca :Regular		
Accesorio de Perforación	Cantidad (Piezas)	METROS PERFORADOS	RENDIMIENTO ( METROS)
Broca de 45 mm	11,00	7587,39	689,76
Barra de 12 pies	3,00	7587,39	2529,13

#### D) CALCULOS INICIAL OBTENIDOS CON BROCAS Y BARRAS NUEVAS

Cuadro 18: Resumen total del mes de abril de los Jumbos

JUMBOS	Labor	Desmante (m)	Total Metros
Jumbo 184	RP 630(-) / RP 975(-)	20.703,54	20.703,54
Jumbo 152	AC 640 (+) / RP 8010(-)	7.587,39	7.587,39
Jumbo 189	RP 8090 (+) / CX 567	21.736,20	21.736,20
<b>Total</b>	-	<b>50.027,13</b>	<b>50.027,13</b>

#### Interpretación del cuadro:

En el cuadro se evidencia las cantidades acumuladas de metros perforados por cada JUMBO estos metros acumulados son con brocas y barras nuevas, cada uno de ellos será descrito en los cuadros siguientes.

Cuadro 19: Calculo Obtenido en JUMBO en labor de RAMPA

I. JUMBO - 184 : RP 630(-), RP 975 (-)

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT.	METROS PERF. ACUM.	REND. OBTENIDO (m)	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
		TOTAL			%	
Broca 45 mm	980	33	20.703,54	627,38	64%	Regular
Barra de 12'	3761	7	19.747,77	2821,11	75%	Regular

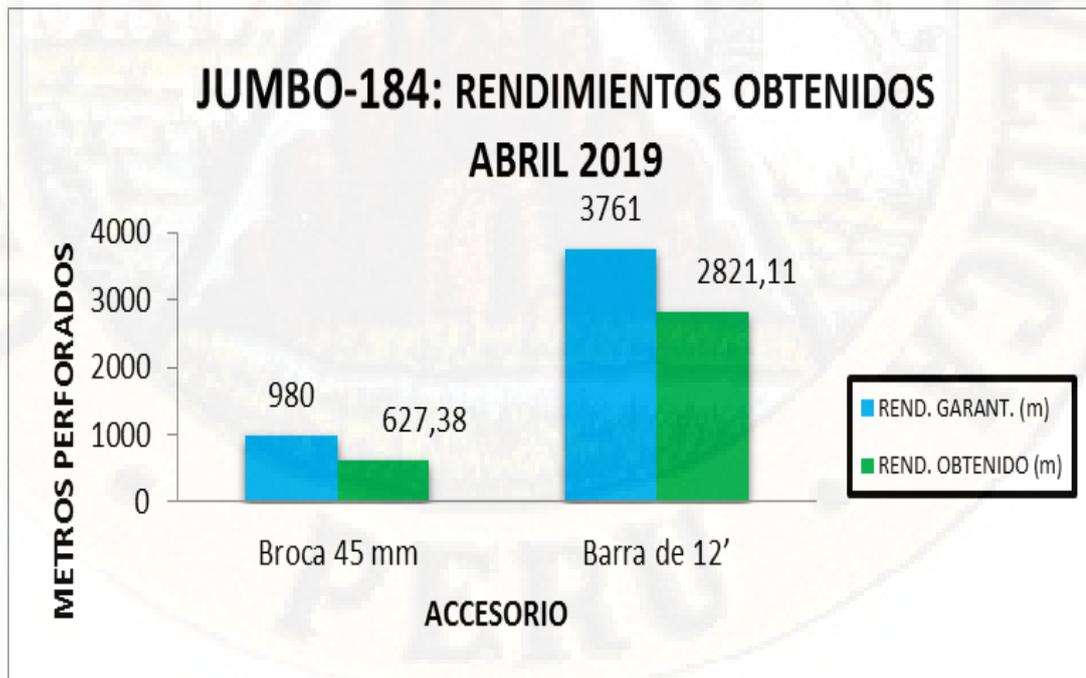
Aceros que No llegaron a su Rendimiento

ACCESORIO	REND.	CANT.	METROS PERF. ACUM.	RENDIMIENTO OBTENIDO	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
	GARANT. (m)	TOTAL			%	
Broca de 45 mm	980	2	0	0	0%	Regular
Barra de 12'	3761	1	955,77	956	25%	Regular

**Interpretación control de los aceros de perforación:**

Se tiene el **JUMBO 184**: RP 630(-), RP 975(-) se utilizó 33und brocas de 45mm y con 7und Barra de 12' de los cuales 2 brocas y 1 barra no llegaron menos del 60% de su vida útil teniendo un metraje de **20703.54mts** con una eficiencia **64% (broca)**, **75% (barra)** obtenido, las **2 brocas** quedaron inservible sin hacer ningún metraje y **una barra** llegó **25%** de eficiencia.

Gráfico 2: Rendimiento de jumbo 184



Cuadro 20: Calculo Obtenido en JUMBO en labor de ACCESO y RAMPA

**II. JUMBO 152: AC 640 (+), RP 8010(-)**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT.	METROS	REND. OBTENIDO (m)	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
		TOTAL	PERF. ACUM.		%	
Broca 45 mm	980	11	7587,39	689,76	70%	Regular
Barra de 12'	3761	2	5637,39	2818,69	75%	Regular

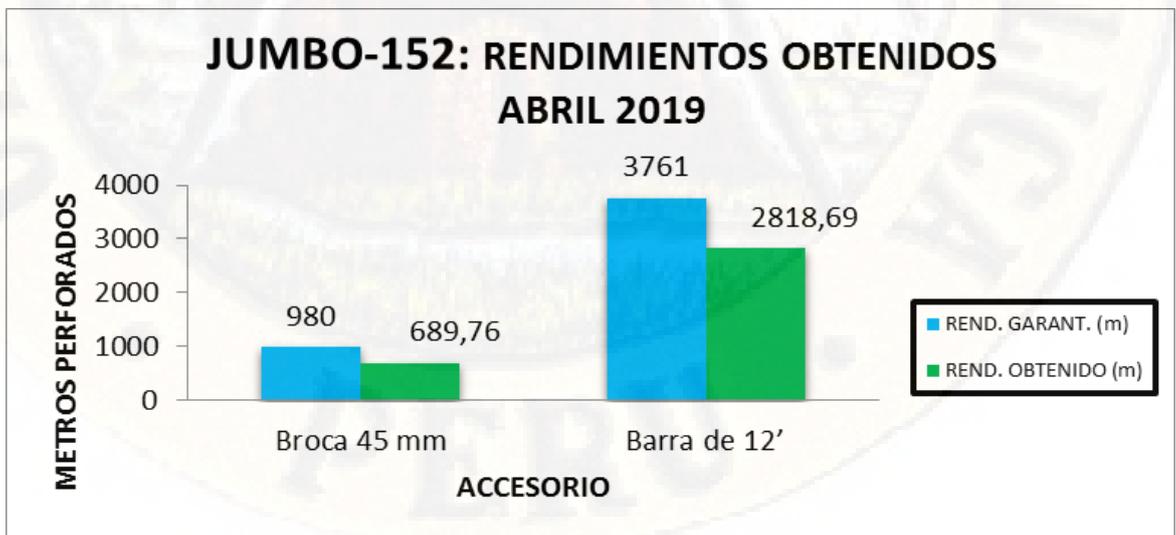
**Aceros que No llegaron a su Rendimiento**

ACCESORIO	REND.	CANT.	METROS	RENDIMIENTO	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
	GARANT. (m)		PERF. ACUM.	OBTENIDO		
Barra de 12'	3761	1	1950	1950	52%	Regular
Broca de 45 mm	980					Regular

**Interpretación control de los aceros de perforación:**

Se tiene el **JUMBO 152: AC 640(+), RP 8010(-)** se utilizó 11und brocas de 45mm y con 2und Barra de 12' de los cuales 1 brocas no llegaron menos al 60% de su vida útil teniendo un metraje de 7637.39mts con una eficiencia **70% (broca)**, **75% (barra)** obtenido, **una barra** llegó **52%** de eficiencia.

Gráfico 3: Rendimiento de jumbo 152



Cuadro 21: Calculo Obtenido en JUMBO en labor de RAMPA y CRUCERO

**III. JUMBO - 189 : RP 8090, CX 567**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT.	METROS	REND. OBTENIDO (m)	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
		TOTAL	PERF. ACUM.		%	
Broca 45 mm	980	30	21.736,20	724,54	74%	Regular
Barra de 12'	3761	7	21.736,20	3105,17	83%	Regular

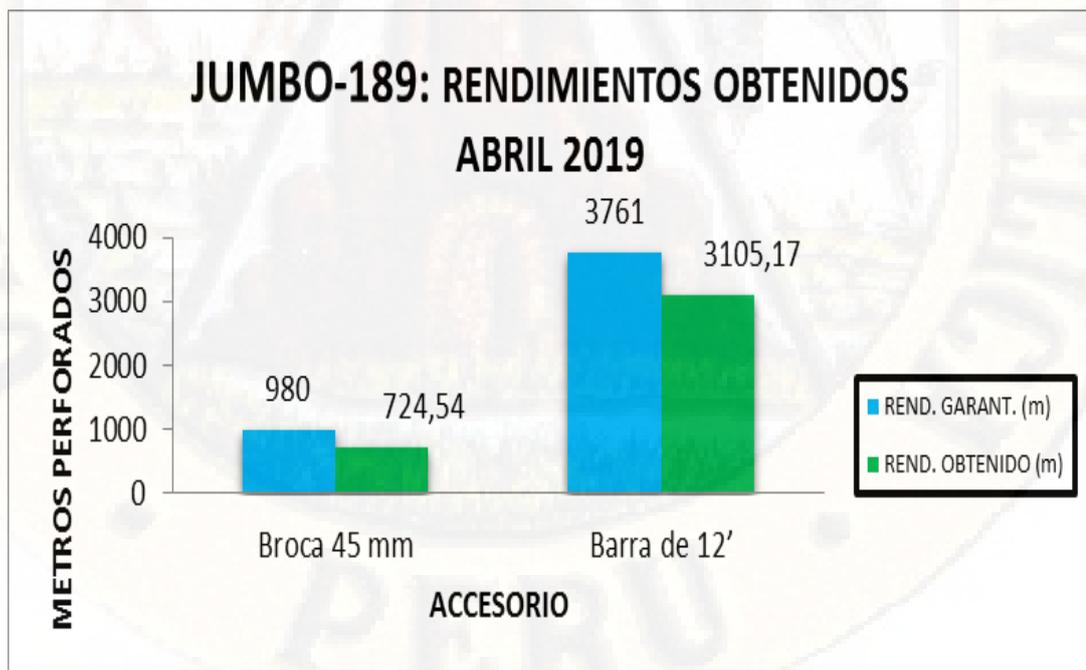
**Aceros que No llegaron a su Rendimiento**

ACCESORIO	REND.	CANT.	METROS	RENDIMIENTO	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
	GARANT. (m)	TOTAL	PERF. ACUM.	OBTENIDO	%	
Broca de 45 mm	980					Regular
Barra de 12'	3761					Regular

**Interpretación control de los aceros de perforación:**

Se tiene el **JUMBO 189**: RP 8090(+), CX 567 se utilizó 30und brocas de 45mm y con 7und Barra de 12' obteniendo un metraje de **21736.20mts** con una eficiencia **74%** (broca), **83%** (barra) obtenido.

Gráfico 4: Rendimiento de jumbo 189



Cuadro 22: Cuadro de resumen de los JUMBOS y Distintas LABORES

**TOTAL DE ACEROS CONSUMIDOS VS RENDIMIENTO**

**JUMBOS**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT. TOTAL	METROS PERF. ACUM.	RENDIMIENTO OBTENIDO (m)	EFICIENCIA %	TIPO DE ROCA
Broca 45 mm	980	74	50027,13	676,04	69%	Regular
Barra de 12'	3761	16	47121,36	2945,08	78%	Regular

**Aceros que No Llegaron a su Rendimiento**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT. TOTAL	METROS PERF. ACUM.	RENDIMIENTO OBTENIDO	EFICIENCIA %	TIPO DE ROCA
Broca de 45 mm	980	2	860	430	44%	Regular
Barra de 12'	3761	2	2906	1453	39%	Regular

**Interpretación control total de los aceros de perforación:**

Se tiene el control total de los **JUMBOS** se utilizó un total de 74und brocas de 45mm y con 16und Barra de 12' obteniendo un metraje de **50027.13mts** con una eficiencia **69% (broca)**, y 47121.36mtrs en barra con una eficiencia del **78% (barra)**, 2 brocas llegaron aun eficiencia de **44%** y 2 barra a una eficiencia de **39%**

**E) CALCULO FINAL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN CON LAS BROCAS AFILADAS Y BARRAS TORQUEADAS**

Cuadro 23: Resumen de los JUMBOS metros perforados

JUMBOS	Labor	Desmonte (m)	Total Metros
Jumbo 184	RP 630(-) / RP 975(-)	34.715,80	34.715,80
Jumbo 152	AC 640 (+) / RP 8010(-)	12.588,00	12.588,00
Jumbo 189	RP 8090 (+) / CX 567	31.766,80	31.766,80
<b>Total</b>	-	<b>79.070,60</b>	<b>79.070,60</b>

Interpretación del cuadro:

En el cuadro se evidencia las cantidades acumuladas de metros perforados por cada JUMBO estos metros acumulados son con brocas y barras nuevas más respectiva afilada y torqueada, y cada uno de ellos será descrito en los cuadros siguientes.

Cuadro 24: Calculo del incremento de la vida útil de los aceros

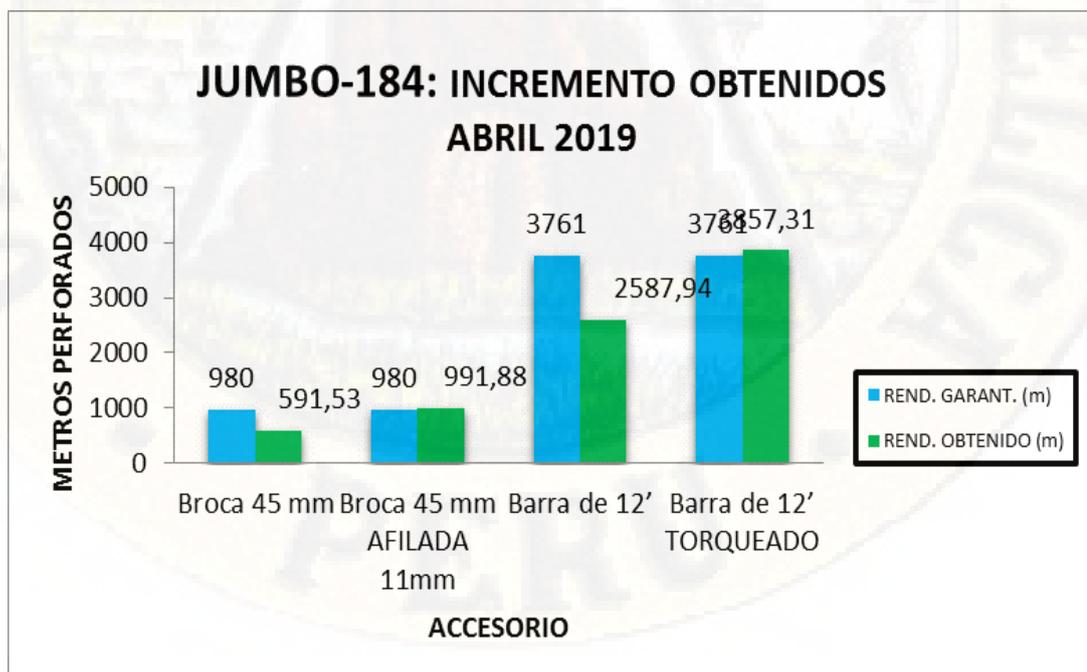
**I. JUMBO - 184 : RP 630(-), RP 975 (-)**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT.	METROS	REND. OBTENIDO (m)	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
		TOTAL	PERF. ACUM.		%	
Broca 45 mm	980	35	20.703,54	591,53	60%	Regular
Broca 45 mm AFILADA 11mm	980	35	34.715,80	991,88	101%	Regular
Barra de 12'	3761	8	20.703,54	2587,94	69%	Regular
Barra de 12' TORQUEADO	3761	9	34.715,80	3857,31	103%	Regular

**Interpretación control de la optimización de la vida útil de los aceros de perforación:**

Se tiene el **JUMBO 184** con 35 und. brocas de 45mm y con 8 und. Barra de 12' teniendo un metraje de **20703.54mts** con una eficiencia **60% (broca)**, **69% (barra)** obtenido y realizando el respectivo afilado de Broca y torqueado de barra (se aumentó 1 barra mas) se obtuvo un metraje **34715,80mts** con un incremento de **400.35m** por broca, **1269.37m** en barra aumentando una eficiencia al **101%** en broca y un **103%** en barra, que equivale a un incremento de **41%** en broca y **34%** en Barra.

Gráfico 5: Incremento obtenido JUMBO 184



cuadro 25: Calculo del incremento de la vida útil de los aceros

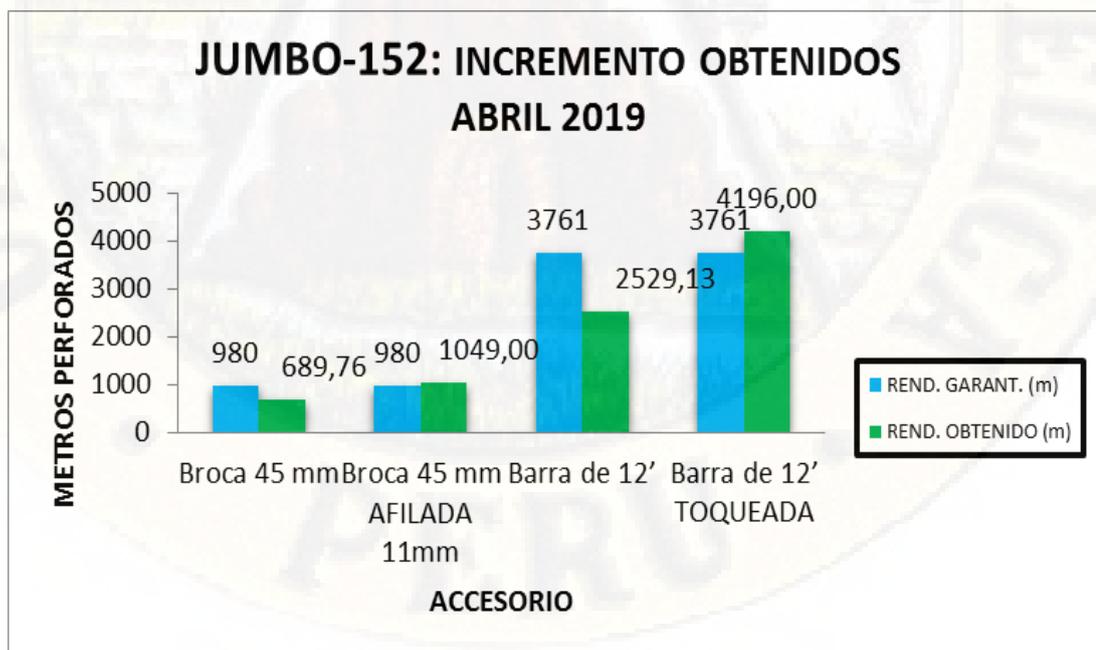
**II. JUMBO 152: AC 640 (+), RP 8010(-)**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT.	METROS	REND. OBTENIDO (m)	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
		TOTAL	PERF. ACUM.		%	
Broca 45 mm	980	11	7587,39	689,76	70%	Regular
Broca 45 mm AFILADA 11mm	980	12	12588,00	1049,00	107%	Regular
Barra de 12'	3761	3	7587,39	2529,13	67%	Regular
Barra de 12' TOQUEADA	3761	3	12588,00	4196,00	112%	Regular

**Interpretación control de la optimización de la vida útil de los aceros de perforación:**

Se tiene el **JUMBO 152** con 11 und brocas de 45mm y con 3 und Barra de 12' teniendo un metraje de **7587.39mts** con una eficiencia **70% (broca)**, **67% (barra)** obtenido y realizando el respectivo afilado de Broca y torqueado de barra (se aumentó 1 broca mas) se obtuvo un metraje **12588mts** con un incremento de **359.24m** por broca, **1666.87m** en barra aumentando una eficiencia al **107%** en broca y un **112%** en barra, que equivale a un incremento de **37%** en broca y **47%** en Barra.

Gráfico 6: Incremento obtenido JUMBO 152



cuadro 26: Calculo del incremento de la vida útil de los aceros

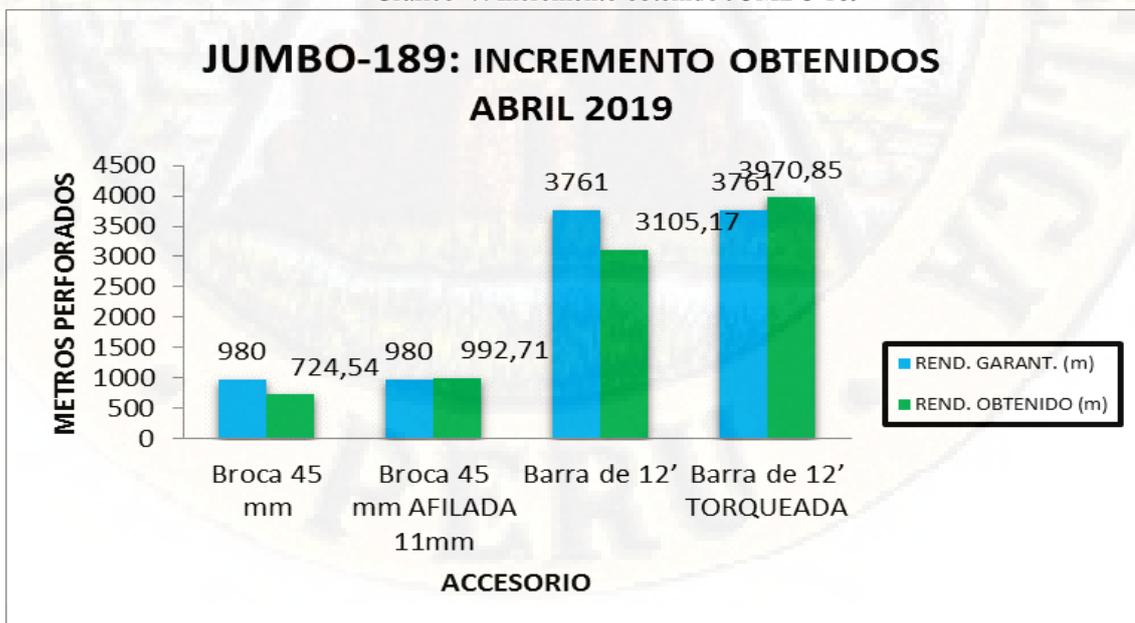
**III. JUMBO - 189 : RP 8090, CX 567**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT.	METROS	REND. OBTENIDO (m)	EFICIENCIA	TIPO DE ROCA
		TOTAL	PERF. ACUM.		%	
Broca 45 mm	980	30	21.736,20	724,54	74%	Regular
Broca 45 mm AFILADA 11mm	980	32	31.766,80	992,71	101%	Regular
Barra de 12'	3761	7	21.736,20	3105,17	83%	Regular
Barra de 12' TORQUEADA	3761	8	31.766,80	3970,85	106%	Regular

**Interpretación control de la optimización de la vida útil de los aceros de perforación:**

Se tiene el **JUMBO 189** con 30und brocas de 45mm y con 7und Barra de 12' teniendo un metraje de **21736.20mts** con una eficiencia **74% (broca)**, **83% (barra)** obtenido y realizando el respectivo afilado de Broca y torqueado de barra (se aumentó 2 broca y 1 barra mas) se obtuvo un metraje **31766.8mts** con un incremento de **268.17m** por broca, **865.68m** en barra aumentando una eficiencia al **101%** en broca y un **106%** en barra, que equivale a un incremento de **27%** en broca y **23%** en Barra.

Gráfico 7: Incremento obtenido JUMBO 189



cuadro 27: Resumen del Cálculo del incremento de la vida útil de los aceros

**TOTAL DE ACEROS RENDIMIENTO VS INCREMENTO OBTENIDO**

**JUMBOS**

ACCESORIO	REND. GARANT. (m)	CANT. TOTAL	METROS PERF. ACUM.	RENDIMIENTO OBTENIDO (m)	EFICIENCIA %	TIPO DE ROCA
Broca 45 mm	980	76	50027,13	658,25	67%	Regular
Broca 45 mm AFILADA 11mm	980	79	79070,60	1000,89	102%	Regular
Barra de 12'	3761	18	50027,13	2779,28	74%	Regular
Barra de 12' TORQUEADA	3761	20	79070,60	3953,53	105%	Regular

**Interpretación control de la optimización de la vida útil de los aceros de perforación:**

Se tiene el resumen de los **JUMBOS** con un total 76und brocas de 45mm y con 18und Barra de 12' teniendo un metraje de **50027.13mts** con una eficiencia promedio en los 3 casos **67% (broca)**, **74% (barra)** obtenido y realizando el respectivo afilado de Broca y torqueado de barra (se aumentó 3 broca y 2 barra mas) se obtuvo un metraje **79070.60mts** con un incremento de **342.64m** por broca, **1174.25m** en barra aumentando una eficiencia al **102%** en broca y un **105%** en barra, que equivale a un incremento de **35%** en broca y **31%** en Barra.

**F) CALCULO DE COSTOS METROS PERFORADOS**

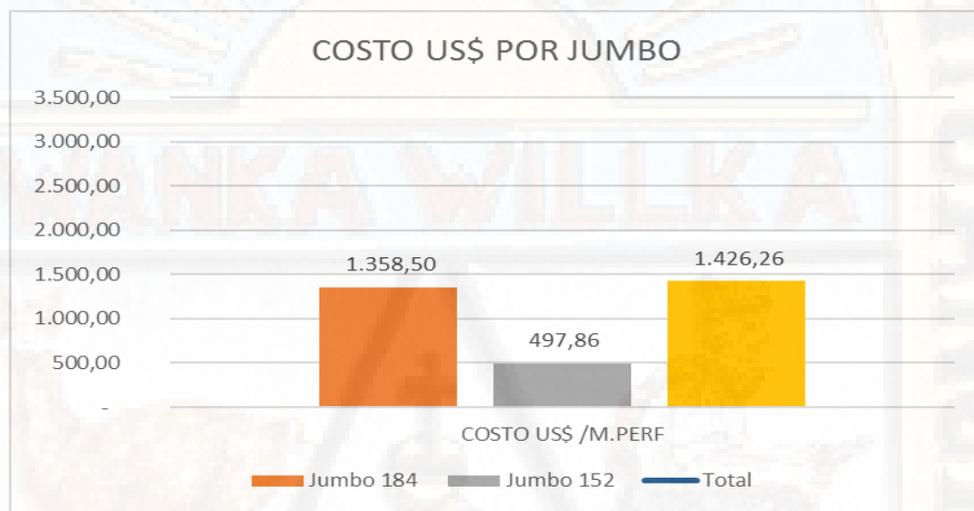
Cuadro 28: Calculo de costo inicial de metro perforado en los JUMBOS

JUMBOS	Labor	Desmante (m)	Total Metros	US\$/P.PERF	COSTO US\$ / Metros
Jumbo 184	RP 630(-) / RP 975(-)	20.703,54	20.703,54	0,02	1.358,50
Jumbo 152	AC 640 (+) / RP 8010(-)	7.587,39	7.587,39	0,02	497,86
Jumbo 189	RP 8090 (+) / CX 567	21.736,20	21.736,20	0,02	1.426,26
<b>Total</b>	-	<b>50.027,13</b>	<b>50.027,13</b>	<b>0,06</b>	<b>3.282,62</b>

### Interpretación del costo por metro perforado en los jumbos utilizados:

Como se ve en el cuadro 25 el **JUMBO 184** realiza una perforación **20703,54mts** valorizado **1358.50 US\$** con la cantidad de aceros que se utiliza, en el **JUMBO 152** realiza **7587,39mts** valorizado en **497.86US\$** y **JUMBO 189** realiza un metraje de **21 736,20mts** valorizado en **1426.26 US\$** realizando una perforación total de **50027,13mts** Valorizado **3282.62 US\$** Utilizadas brocas y barras nuevas

Gráfico 8: Costo de metro perforado con jumbo inicial



Cuadro 29: Cálculo de costos final de metro perforado en los JUMBOS

JUMBOS	Labor	Desmante (m)	Total Metros	US\$/P.PERF	COSTO US\$ /Metros
Jumbo 184	RP 630(-) / RP 975(-)	34.715,80	34.715,80	0,02	2.277,94
Jumbo 152	AC 640 (+) / RP 8010(-)	12.588,00	12.588,00	0,02	825,98
Jumbo 189	RP 8090 (+) / CX 567	31.766,80	31.766,80	0,02	2.084,44
<b>Total</b>	-	<b>79.070,60</b>	<b>79.070,60</b>	<b>0,06</b>	<b>5.188,36</b>

### Interpretación del costo por metro perforado en los jumbos utilizados:

Como se ve en el cuadro 25 el **JUMBO 184** realiza una perforación **34715,80mts** valorizado **2.277,94 US\$** con la cantidad de aceros que se utiliza, en el **JUMBO 152** realiza **12588mts** valorizado en **825,98US\$** y **JUMBO 189** realiza un metraje de **31766,80mts** valorizado en **2084.44 US\$** realizando una perforación total de **79070.60mts** Valorizado **5188.36 US\$** Utilizadas las mismas brocas, barras ya afiladas y torquedadas respectivamente.

Gráfico 9: Costo de metro perforado con jumbo final



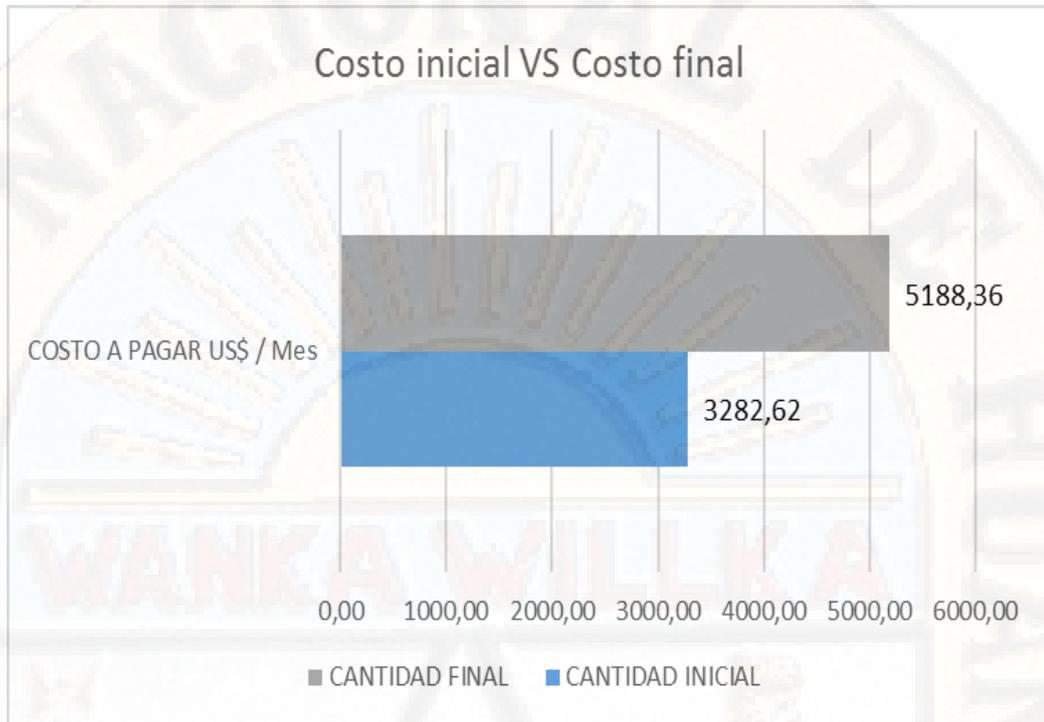
Cuadro 30: Resumen comparación inicial y final de cálculo de costos en metros perforados

ACCESORIO	REND.	CANT.	METROS	RENDIMIENTO	EFICIENCIA	COSTOS		DIF. US\$ /Mes
	GARANT. (m)	TOTAL	PERF. ACUM.	OBTENIDO (m)	%	US\$/P.PERF	COSTO US\$ /M.PERF	
Broca 45 mm	980	76	50027,13	658,25	67%	0,02	3282,62	1905,74
Broca 45 mm AFILADA 11mm	980	79	79070,60	1000,89	102%	0,02	5188,36	
Barra de 12'	3761	18	50027,13	2779,28	74%	0,02	3282,62	
Barra de 12' TORQUEADA	3761	20	79070,60	3953,53	105%	0,02	5188,36	

CANT. Broca 45 mm	79 und	COSTO A PAGAR US\$ / Mes
CANT. Barra de 12'	20 und	
<b>CANTIDAD FINAL</b>		5188,36

CANT. Broca 45 mm	76 und	COSTO A PAGAR US\$ / Mes
CANT. Barra de 12'	18 und	
<b>CANTIDAD INICIAL</b>		3282,62

Gráfico 10: Rendimiento calculado en metros perforados



**Interpretación de optimización de la vida útil de los aceros de perforación:**

Como se evidencia en el cuadro 30 se detalla las cantidades de brocas y barras utilizadas antes y después obteniendo un metraje inicial **50027,13** un costo valorizado **3282,62US\$/mes** y un metraje final con el afilado de las brocas, toqueado de barra **79070,60mts** un costo valorizado **5188,36US\$ / mes** como se aprecia en grafica 11 teniendo un incremento de metraje **29043,3mts** valorizando un **1905,74US\$ / mes**.

**4.3.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA.**

Para calcular los coeficientes financieros se tendrá en cuenta una tasa de interés mensual del **15%** y un horizonte del proyecto de cinco meses. En el cuadro siguiente se resume los factores a considerarse en la evaluación financiera:

Costos de inversión (\$)	\$ 5,000
Costos de operación mensual (\$)	\$470,70

Cuadro 31: Resumen de costo de operación

RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN	\$/Tarea
Costo de depreciación	0,46
Costo de mano de obra \$/Tarea	4,18
Costo de energía	0,17
Costo de materiales	0,37
Costo de mantenimiento	0,05
<b>TOTAL DE COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>\$ 5,23</b>
3 Gdias	<b>\$ 470,7</b>

Cuadro 32: Tiempo toma de datos

DESCRIPCION	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
INVERSION INICIAL	-5000	0	0	0	0
COSTO DE OPERACION (MENSUAL)	-470,7	-470,7	-470,7	-470,7	-470,7
AHORRO MENSUAL	0	1905,74	1905,74	1905,74	1905,74
Tasa de interés mensual	15%	15%	15%	15%	15%
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>-\$5.570,70</b>	<b>\$1.435,04</b>	<b>\$1.435,04</b>	<b>\$1.435,04</b>	<b>\$1.435,04</b>

### Interpretación del cuadro

Según el cuadro la rentabilidad se calcula anualmente que tendrá un monto **17,220.48\$SU** de Utilidad neta anual. Donde el 4 mes ya se recuperó la inversión.

### 4.3.5 RESULTADOS DEL CALCULO DEL VAN.

Para calcular mediante este método se usó la siguiente fórmula.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \left( \frac{Bt - Ct}{(1 + t)^t} \right)$$

Donde:

$$Bt - Ct = \text{Utilidad Neta Mensual.}$$

Entonces:

$$VAN = \left[ \frac{-5,247.70}{(1 + 0.15)^0} \right] + \left[ \frac{1,435.04}{(1 + 0.15)^1} \right] + \left[ \frac{1,435.04}{(1 + 0.15)^2} \right] + \left[ \frac{1,435.04}{(1 + 0.15)^3} \right] + \left[ \frac{1,435.04}{(1 + 0.15)^4} \right]$$

VAN = \$ 345.19 El cual es VAN > 0

#### 4.3.6 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL TIR.

Para calcular mediante este método se usó la siguiente fórmula.

$$TIR = \sum_{t=0}^n \left( \frac{1 + TIR}{TIR(1 + TIR)^t} \right) =$$

TIR = 18%

El cual es 18% > 15%

#### 4.3.7 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL BENEFICIO/COSTO.

(B/C)

Para calcular mediante este método B/C, es necesario actualizar tanto el costo como el beneficio a lo largo del horizonte del proyecto, el cual, mediante los resultados, fueron analizados por 5 Meses

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Beneficio actualizado            \$ **5188,36**

Costo actualizado                 \$ **3282,62**

Aplicando la fórmula (B/C).

$$\frac{\$ 5188,36}{\$ 3282,62} = 1.58$$

Dicho resultado 1.58 > 1; lo cual indica que el proyecto es rentable.

#### 4.3.8 RESULTADOS DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Los resultados obtenidos en base a los datos obtenidos del departamento económico y financiero, son determinados y comparados para verificar y contrastar el tiempo de recuperación de la inversión.

Usamos la siguiente fórmula:

$$5000 \left( \frac{[(1 + 0.15)^n - 1]}{[0.15(1 + 0.15)^n]} \right) = 615,179$$

Despejando “n” de la fórmula.

$$n = 0.45 \text{ años}$$

$$n = 0.45 \text{ años} \quad (\text{equivalente a 4 meses}).$$

Cuadro 33: Resumen de factores financiero del proyecto

#### 4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como evidencia y contraste de lo propuesto para afianzar en los resultados, partimos de los datos obtenidos antes y después para así obtener un incremento de la vida útil de los aceros de perforación.

Al optimizar la vida útil de los aceros de perforación influirán también en los trabajos de voladura, sumado a las capacitaciones, el personal incrementa sus conocimientos técnicos, modo de uso adecuado, habilidades, etc. El correcto uso de los aceros de perforación también influyo en mejoras de los frentes de avance. De los resultados obtenidos en las labores de avance se han extraído resultados alentadores esto refleja una respuesta positiva producto del experimento realizado. Estadísticamente se logró encontrar una diferencia bastante marcada entre el grupo de control y experimental, del cual se obtuvo un consumo promedio de brocas de perforación de 45 brocas/mes y 25 barras/mes habitual, y un consumo promedio de 41 brocas/mes y 22 barras/mes consumo de septiembre.

Por ello se opta realizar las pruebas estadísticas para afianzar los resultados, en este caso usamos la correlación de Karl Pearson.

Por consiguiente, los resultados obtenidos infieren un incremento de la vida útil de los aceros de perforación, tomando en cuenta las recomendaciones y las medidas correctivas propuestas logrando así un incremento de la vida útil de las brocas y barrenos de perforación, con ello una reducción del costo por consumo significativa en mina San Vicente.

## 4.5 CONTRASTACION DE HIPOTESIS

### 4.5.1 PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA HIPOTESIS PRINCIPAL

- **Sistema de Hipótesis.**

Nula (H<sub>0</sub>): La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos en mina San Vicente

Alternativa (H<sub>1</sub>): La optimización de la vida útil de los aceros de perforación no influye significativamente en la reducción de costos en mina San Vicente

- **Nivel de significancia ( $\alpha$ ) y nivel de Confianza ( $\gamma$ )**

$$\alpha = 0,05 \quad = 5\% \quad \gamma = 1 - \alpha = 95\%$$

- **Estadístico de prueba**

La variable aleatoria sigue una muestra “t” con 11 grados de libertad.

$$t = r \times \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

El valor crítico, tabulado “V<sub>t</sub>” de la prueba para 11 grados de libertad (unilateral) y 0,05 de significancia es de 1,66 (obtenido de las correspondientes tablas estadísticas).

- **Calculo de la estadística**

Reemplazando en la ecuación se tiene el valor calculado (V<sub>c</sub>) de la “t”:

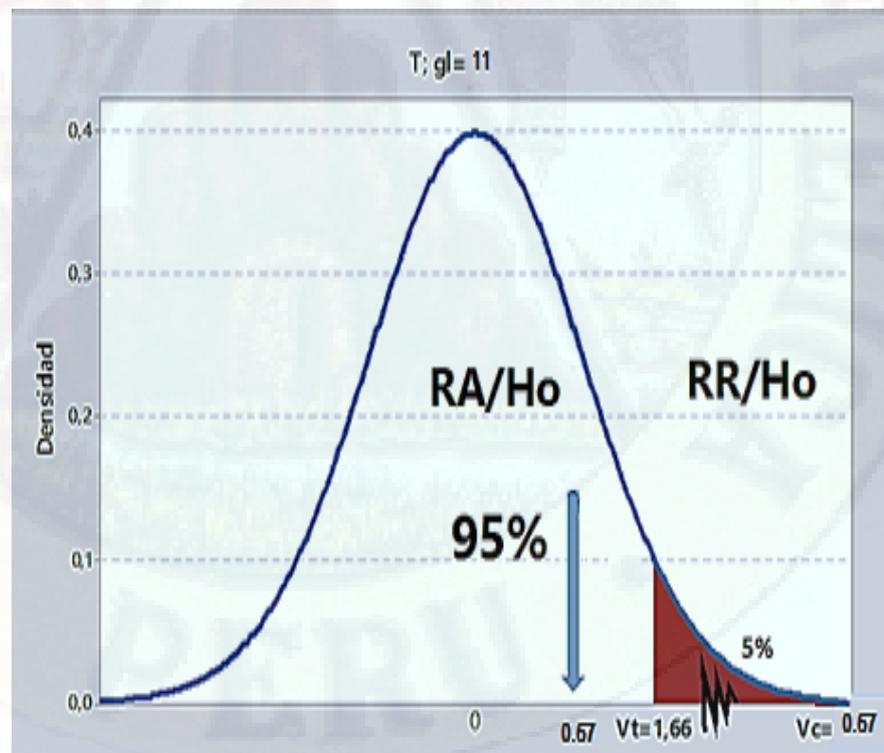
$$t = Vc = 0.21 \sqrt{\frac{12 - 2}{1 - 0,21^2}} = 0.67$$

- **Toma de decisión**

De acuerdo al valor calculado y el valor crítico de la misma lo tabulamos en la gráfica de la función “t”, de la cual podemos deducir que  $Vc < Vt$  ( $0.67 < 1,66$ ) Con un 95% de certeza diremos que se ha encontrado evidencia empírica para aceptar la Hipótesis Nula y rechazar la hipótesis alterna que dice: La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de mina San Vicente.

La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de mina San Vicente.

Gráfico 11: Diagrama de la prueba T para la docimasia de la hipótesis



#### 4.5.2 PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA HIPOTESIS ESPECIFICAS

A continuación, las correlaciones de las hipótesis específicas de la variable independiente y la variable dependiente se analizarán basados en la estadística “r” de Pearson.

Utilizando la misma metodología para la docimasia de la hipótesis general, se procederá a validar las hipótesis específicas de investigación, para que los resultados evidencien un valor verídico.

##### a) PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Hipótesis Nula (Ho):

El control de la vida útil de la broca de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

Hipótesis Alterna (H1):

El control de la vida útil de la broca de perforación no influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

#### DISCUSIÓN

Del cálculo realizado se puede observar que el valor de la relación “r” de Pearson que es r=31%. Luego reemplazamos en:

$$t = Vc = 0,31 \sqrt{\frac{6 - 2}{1 - 0,31^2}} = 0.65$$

Por lo que  $Vc < Vt$  ( $0.65 < 1,66$ ) el cual tiene un contraste de significancia de  $p = 0,00 < 0,05$  por lo cual se acepta la hipótesis nula y rechaza automáticamente la hipótesis alterna, es decir:

El control de la vida útil de la broca de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

## **b) PRUEBA DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

Hipótesis Nula (Ho):

El control de la vida útil de la barra de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

Hipótesis Alterna (H1):

El control de la vida útil de la barra de perforación no influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

### **DISCUSIÓN**

Del cálculo realizado se puede observar que el valor de la relación “r” de Pearson que es  $r=28\%$ . Luego reemplazamos en:

$$t = Vc = 0,28 \sqrt{\frac{6 - 2}{1 - 0,28^2}} = 0.58$$

Por lo que  $Vc < Vt$  ( $0.58 < 1,66$ ) el cual tiene un contraste de significancia de  $p=0,00 < 0,05$  por lo cual se acepta la hipótesis nula y rechaza automáticamente la hipótesis alterna, es decir:

El control de la vida útil de la barra de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.

## CONCLUSIONES

Luego del análisis de los resultados obtenidos en el siguiente proyecto se llega a las siguientes conclusiones.

1. Con el cuidado, uso adecuado y afilado de brocas oportunamente se optimizo la vida útil de las brocas de perforación de 45 mm obteniendo una mejora 35% de su vida útil respecto al hallado, logrando un incremento de 1124.15 pies perforados/broca
2. Con la capacitación en uso adecuado e inicio de torqueado de barras de 12 pies, se optimizo su vida útil en un 31% adicional del encontrado, obteniendo un incremento de 3914.16 pies perforados/barra.
3. Se evidencio una estrecha relación de la vida útil con el uso adecuado de los aceros de perforación cuyo equilibrio garantiza una mejora en su vida útil.
4. Se optimizo de manera indirecta el rendimiento de la voladura por el control del paralelismo en las perforaciones usando guidores de PVC, con ello se evidencia menor sobre rotura y mejor rendimiento en los avances.
5. De acuerdo al balance neto, se logró una reducción de costos por consumo de aceros de perforación de 1435,04 U\$\$/ mes, por lo tanto, se tendría un ahorro de 17,220.48 U\$\$/ año.
6. Se logró determinar el que una mala evaluación del macizo rocoso influye en un deficiente rendimiento en la perforación y con ello el desgaste prematuro de los aceros de perforación.

Por lo que podemos concluir que la aplicación de una mejora en la optimización de la vida útil de los aceros de perforación como son broca de 45 mm y barras de 12 pies, nos permite generar una reducción de costos, esto implica que de manera directa la tesis es rentable.

## **RECOMENDACIONES**

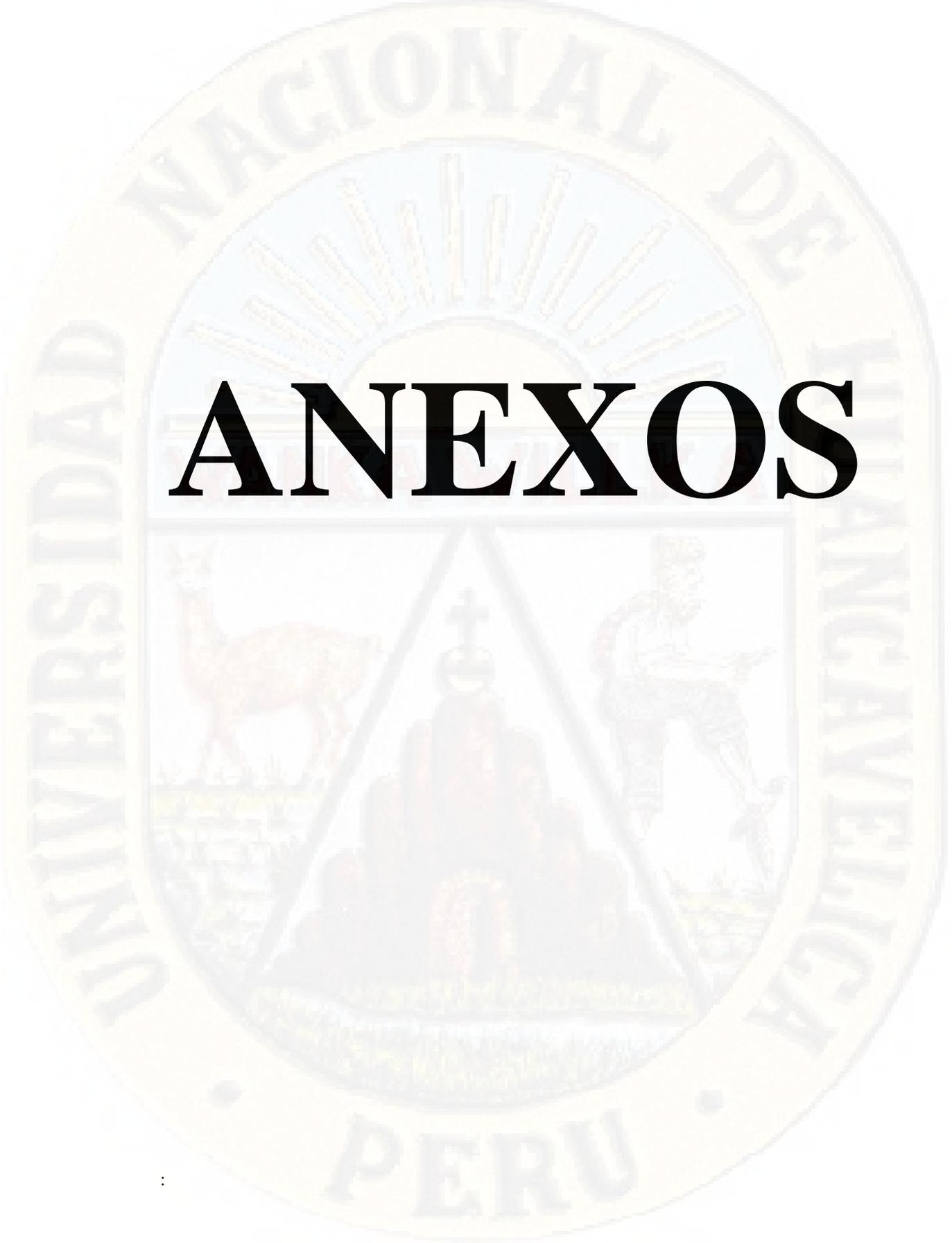
A la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A.

- 7.** Como los resultados del análisis técnico en la optimización de la vida útil de los aceros de perforación, continuar con las capacitaciones al área de operaciones mina, con el fin de mantener la cultura de la optimización y conservar los estándares propuestos en cuanto a la vida útil de los aceros de perforación.
- 8.** Continuar con el control estricto de entrega de aceros de perforación y con ello garantizar que llegue a la vida útil nominal.
- 9.** Continuar con los trabajos de afilado de brocas de perforación y capacitar periódicamente a los responsables de esta tarea.
- 10.** Continuar con el torneo de las barras de perforación y capacitar periódicamente a todo el personal y responsables de esta tarea.
- 11.** Coordinar monitoreo periódico por parte de personal técnico en los equipos de perforación para garantizar un eficiente desempeño de los mismos (Contactar al proveedor para realizar auditorías en campo).
- 12.** Realizar un balance periódico de consumo de aceros por semana, por mes y evaluar su rendimiento por pies perforados, para garantizar un estricto control en el consumo.

A todo el personal tomar cada una de las consideraciones y recomendaciones vertidas para afianzar un óptimo en la vida útil de los aceros de perforación, ello garantizara de manera indirecta mejoras en el área, lo que representa en todo aspecto una reducción de costos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonso rodriguez, J. (2007). Macizo rocoso. *Academia Ingenieria Geologica*, 1.
- Del Carpio Gallegos, L. E. (2005). Optimización de la vida útil. *Optimización de la vida útil de las heramientas de perforación de rocas para percusión*, 2.
- Gamarra Caceres, A. R. (2011). *Optimización de las brocas de botón de 45 mm\* R32 para minimizar los costos de perforación en la Compañía Minera Milpo S.A.A. UEA El Porvenir*. Huancayp: Perú.
- Gibson, w. (1984). *Resistencia de macizos rocosos*. Bueno Aires: Argentina.
- GONZÁLEZ CABRERO, D. (2016). *Evaluacion de los parametros de perforacion en barrenos y correlacion con la geologia del terreno*. Madrid: España.
- Lopez jimeno, C. (2015). *Metodos y equipos de perforacion*. Madrid: España.
- Lopez mejia, C. N. (1995). *Herramientas para perforacion de rocas* . Lima: Peru.
- Mayoral Fernandez, R. (2012). *Optimización técnico económico de perforación de barrenos en terrenos homogéneos. Búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación*. Madrid: España.
- ORCON CUEVA, A. (2014). *LAS BROCAS DE BOTÓN DE 45 MM\* R32 PARA PERFORACIÓN*. Huancayo: Peru.
- Umasi, W. (2013). *Vida Util de los aceros*. Arequipa: Peru.



# ANEXOS

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TIPO – NIVEL – DISEÑO - VARIABLE	POBLACIÓN – MUESTRA	MÉTODOS Y TÉCNICAS
<p>¿Cómo influye la optimización de la vida útil los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?</p> <p>a. ¿Cómo influye el control de la vida útil de la broca de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?</p> <p>b. ¿Cómo influye el control de la vida útil de la barra de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.?</p>	<p><b>GENERAL</b> Determinar la influencia de la optimización de la vida útil los aceros de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>a. Determinar la influencia del control de la vida útil de la broca de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</p> <p>b. Determinar la influencia del control de la vida útil de la barra de perforación en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</p>	<p><b>INVESTIGACIÓN</b> La optimización de la vida útil de los aceros de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</p> <p><b>ESPECÍFICAS:</b></p> <p>a. El control de la vida útil de la broca de perforación influye significativamente en la reducción de costos de MINA SAN VICENTE – COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.</p> <p>b.</p>	<p><b>TIPO</b> Aplicado.</p> <p><b>NIVEL:</b> Correlacional.</p> <p><b>DISEÑO:</b> Descriptivo Correlacional simple .</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD     M --&gt; O1     M --&gt; O2     O1 &lt;--&gt;  r  O2             </pre> </div> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de campo</li> <li>• Comparaciones estadísticas</li> </ul> <p><b>VARIABLES</b></p> <p><b>Variable Independiente</b></p> <p>x:</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>y: Reducción de costos.</p>	<p><b>POBLACIÓN</b> Labores de avance de Mina San Vicente</p> <p><b>MUESTRA:</b> Brocas de 45mm y barras de 12 pies</p> <p><b>MUESTREO</b> Labores de avance mina San Vicente</p>	<p><b>GENERAL:</b> Científico / Observaciones</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b> Analítico y comparación mediante la Observación</p> <p><b>TÉCNICAS:</b> Análisis estadístico Observaciones Investigación de campo.</p>

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE TESIS

ITEMS	ACTIVIDADES	AÑO	2019																																							
		MES	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Recojo de información preliminar		x	x	x	x																																				
2	Análisis de información preliminar						x	x	x	x																																
3	Elaboración de plan de tesis										x	x	x	x	x																											
4	Presentación de plan de tesis											x	x																													
5	Corrección de plan de tesis														x	x																										
6	Elaboración de marco teórico															x	x	x																								
7	Desarrollo de la tesis															x	x	x	x																							
8	Trabajo de campo																		x	x	x																					
9	Trabajo de gabinete																		x	x	x																					
10	Procesamiento de datos																			x	x	x	x																			
11	Análisis de los resultados																			x	x	x	x																			
12	Discusión de los resultados																			x	x	x	x																			
13	Elaboración de tesis preliminar																						x	x	x	x	x															
14	Elaboración de tesis final																										x	x	x	x	x											
15	Presentación de tesis final																														x	x										
16	Corrección de tesis final																																		x	x	x					
17	Sustentación de la tesis																																						x	x		

## PRUSUPUESTO

<b>BIENES</b>	<b>Costo (S/.)</b>
Útiles de servicio	300.00
Cámara Digital	600.00
Calculadora	140.00
USB	35.00
Programas de minería	200.00
Otros	150.00
<b>SERVICIOS</b>	
Recolección de información	500.00
Fotocopias	200.00
Anillados	80.00
Impresiones	200.00
Encuadernación	250.00
Pasajes y gastos de transporte	700.00
Otros	150.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 3505.00</b>

Imagen 10. Presupuesto general de actividades.



Imagen 11. Plano de ubicación de Mina San Vicente.



Imagen 12. Mapa satelital de ubicación de Mina San Vicente.



Imagen 13: Mapa Geológico Regional de mina San Vicente



Fotografía 7. Control de la perforación de equipos jumbo en frentes de avance.

## CALCULO DE RENDIMIENTO DE PERFORACION

lunes, 19 de Febrero de 2019

Marca Atlas Copco  
 Modelo Boomer 317  
 Equipo Rock Boomer 317  
 Maquina Perforadora COP

Perforista : \_\_\_\_\_ Dávila  
 N° de licencia : \_\_\_\_\_ 0092

<b>Motor eléctrico o compresor</b>	
Horometro inicio	358.80
Horometro Final	360.00
<b>Motor de Percusión</b>	
Horometro inicio	1516.30
Horometro Final	1518.20
<b>Resultados de Horas</b>	
Eléctrico	1.20
Percusión	1.90



Check list del equipo	100%
Check list de la Labor	85%
Gradiente	15%
Material	mineral
Uniformidad	41%
Pintado de Malla	21%
Hr. Inicio en la labor	09:30:00
Hr. Final en la labor	11:35:00
Horas en la labor	2.08

Labor	Tj 880
RMR	50
GSI	MF/R
Seccion obtenida	3.6   3.2
Nº de taladros	30 u
Nº de rimados	3 u
Barra de perforacion	10 pies
Factor de seccion	95%
φ de taladros (broca)	45 mm
φ de taladros (rimadora)	101.6 mm
Metros perforados en Frente	2.95 m
Metros de Avance	3.1 m
Metros de Taco	0 m
Eficiencia de voladura	105.1%
Volumen roto	33.9 m3
Densidad de material	3.00 Tn/m3
Tonelaje de material roto	101.7792 Tn

Taladro	Tiempo de perforacion (s)	Tiempo de barrido (s)	Tiempo de traslape + Direccinamiento (s)	Total x taladro (S)
1	74	11	13	98
2	81	11	14	106
3	76	12	23	111
4	82	11	20	113
5	75	13	12	100
6	79	10	13	102
7	79	12	14	105
8	81	12	13	106
9	83	10	13	106
10	79	12	11	102
11	82	11	14	107
12	79	12	13	104
13	81	9	14	104
14	78	13	12	103
Alivio	155	12	13	180
Alivio	159	14	18	191

RESULTADOS		
Tiempo promedio de perforacion (1 3/4")	0:01:19	h:m:s
Tiempo promedio de perforacion (4")	0:02:37	h:m:s
Tiempo Promedio de barrido	0:00:12	h:m:s
Tiempo promedio de traslape	0:00:14	h:m:s
Tiempo promedio por taladro (1 3/4")	0:01:45	h:m:s
Tiempo promedio por taladro (4")	0:03:06	h:m:s
velocidad de perforacion	6.75	pies/min.
Rendimiento	311	pies/Hr

Imagen 14: Control de rendimiento de perforación Rampa 975.

## CALCULO DE RENDIMIENTO DE PERFORACION

miércoles, 28 de Marzo de 2019

Marca **Atlas Copco**  
 Modelo **Boomer 321**  
 Equipo **Rock Boomer 281**  
 Maquina Perforadora **COP**

Perforista : Julio Mamani  
 N° de licencia : 0101

**Motor eléctrico o compresor**  
 Horometro inicio **358.80**  
 Horometro Final **360.00**  
**Motor de Percusión**  
 Horometro inicio **243.30**  
 Horometro Final **244.70**  
**Resultados de Horas**  
 Eléctrico **1.20**  
 Percusión **1.40**



Check list del equipo	100%
Check list de la Labor	90%
Gradiente	-15%
Material	desmonte
Uniformidad	68%
Pintado de Malla	80%
Hr. Inicio en la labor	09:20:00
Hr. Final en la labor	11:18:00
Horas en la labor	1.97

Labor **Rp 240**  
 RMR **60**  
 GSI **MF/R**  
 Seccion obtenida **4.6 | 4.2**  
 N° de taladros **44 u**  
 N° de rimados **4 u**  
 Barra de perforacion **12 pies**  
 Factor de seccion **95%**  
 φ de taladros (broca) **45 mm**  
 φ de taladros (rimadora) **101.6 mm**  
 Metros perforados en Frente **3.15 m**  
 Metros de Avance **2.95 m**  
 Metros de Taco **0 m**  
 Eficiencia de voladura **93.7%**  
 Volumen roto **53.6 m3**  
 Densidad de material **2.70 Tn/m3**  
 Tonelaje de material roto **144.600593 Tn**

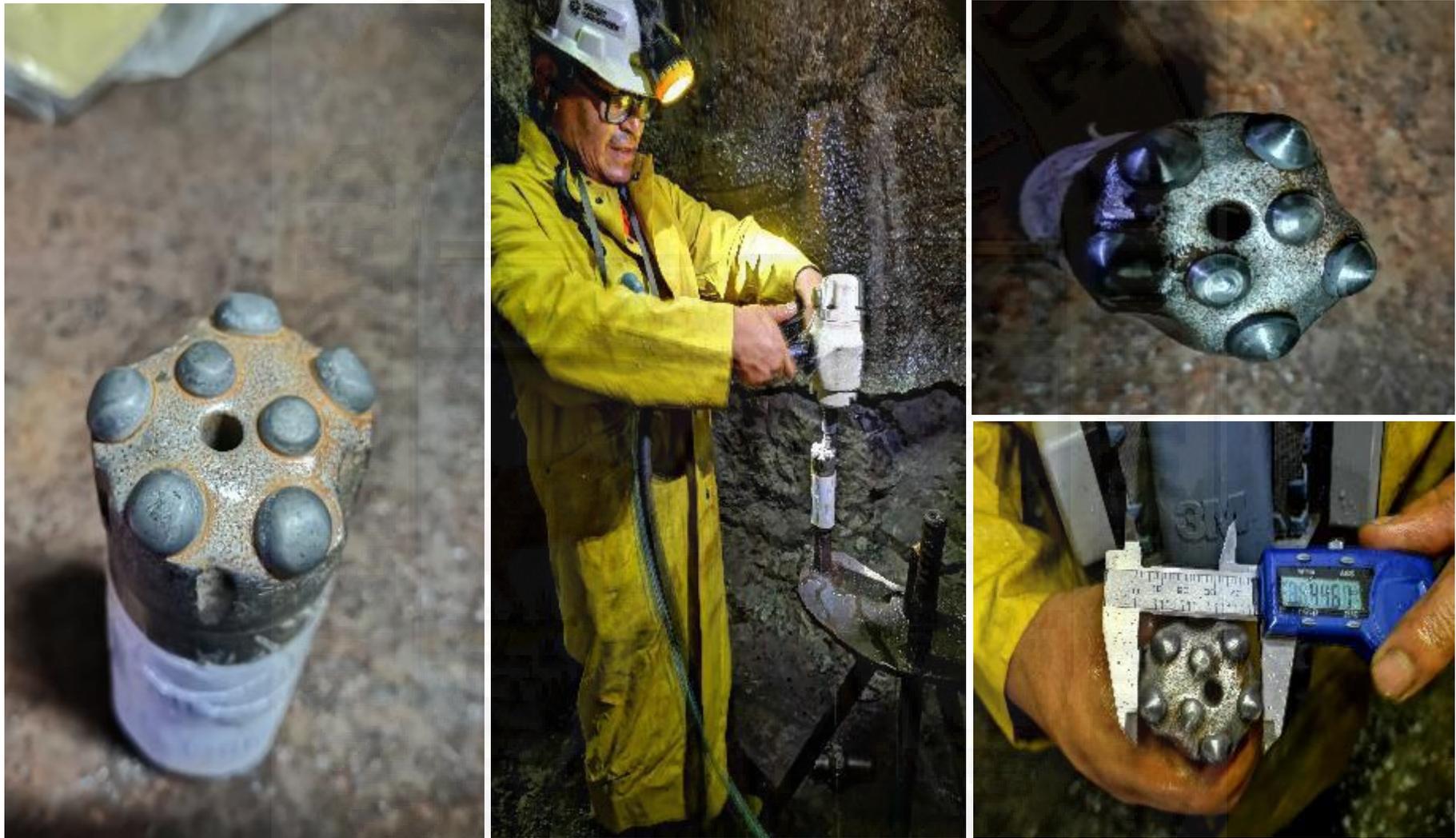
Taladro	Tiempo de perforacion (s)	Tiempo de barrido (s)	Tiempo de traslape + Direccionamiento (s)	Total x taladro (S)
1	73	11	16	100
2	81	11	12	104
3	76	12	21	109
4	78	11	19	108
5	75	13	14	102
6	79	10	11	100
7	79	12	6	97
8	77	12	13	102
9	83	10	15	108
10	79	12	12	103
11	80	11	11	102
12	76	12	15	103
13	81	9	14	104
14	78	13	12	103
Alivio	152	12	13	177
Alivio	154	14	14	182

RESULTADOS		
Tiempo promedio de perforacion (1 3/4")	0:01:18	h:m:s
Tiempo promedio de perforacion (4")	0:02:33	h:m:s
Tiempo Promedio de barrido	0:00:12	h:m:s
Tiempo promedio de traslape	0:00:14	h:m:s
Tiempo promedio por taladro (1 3/4")	0:01:43	h:m:s
Tiempo promedio por taladro (4")	0:03:00	h:m:s
velocidad de perforacion	7.38	pies/min.
Rendimiento	338	pies/Hr

Imagen 15. Control de rendimiento de perforación Acceso 640 (+).



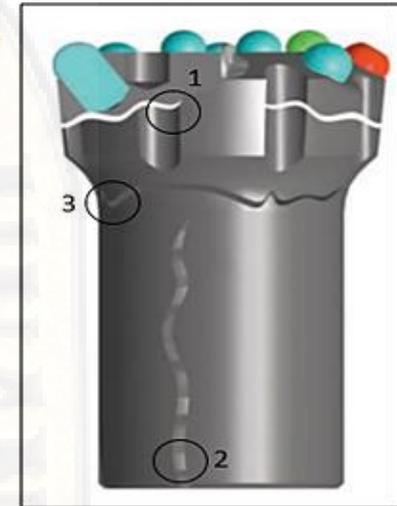
Fotografía 8. Monitoreo de las RPM y presiones de trabajo de los equipos de perforación Jumbo..



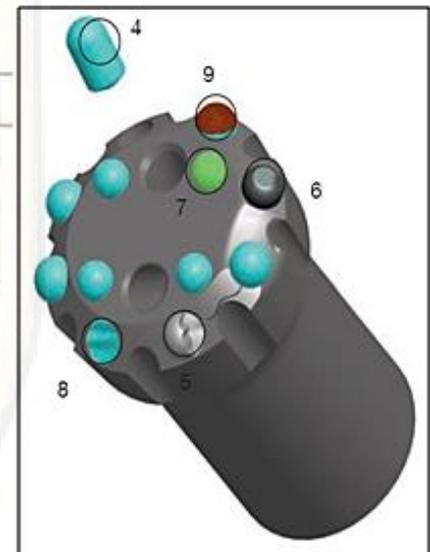
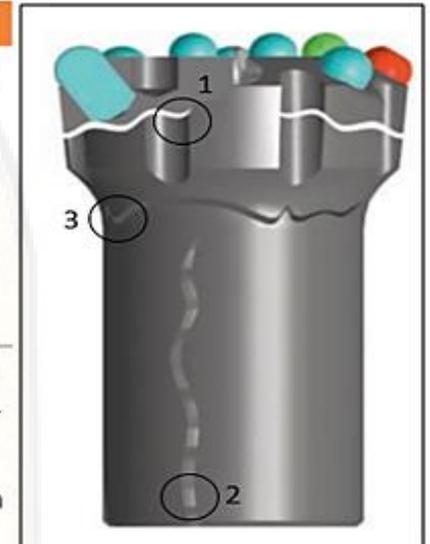
Fotografía 9. Actividades de afilado de brocas y su control respectivo.

Cuadro 34. Fallas, causas y recomendaciones por tipo de falla que presenten las brocas de perforación de 45 mm.

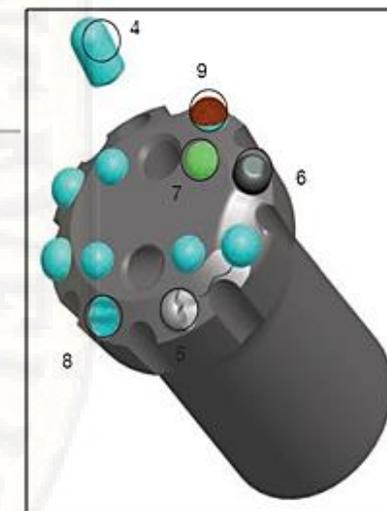
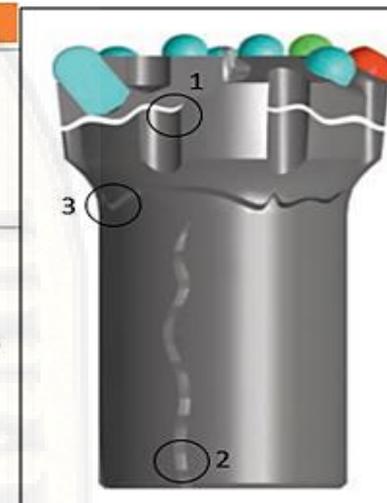
FALLA	CAUSA PROBLABLE	MEDIDAS RECOMENDADAS
POSICIÓN - 1 Lavado del cuerpo	i) Achique inadecuado	i) Verificar para asegurarse de que se emplee la descarga máxima disponible. Si el achique parece ser inadecuado, intente limpiar los orificios completamente después de perforar cada longitud del acero. La perforación continua con un pobre achique desgastará excesivamente los cuerpos de las brocas
	ii) Perforación y limpieza excesiva del hoyo en material suelto y fracturado	ii) No use brocas en estas aplicaciones. Usar brocas que se acerquen al final de su vida útil. Las brocas con botones faltantes inadecuados para la perforación regular pueden ser adecuados para condiciones de suelo blando o irregular
POSICIÓN - 2 Faldón partido	i) Broca floja en la barra	i) No enganche la percusión hasta que la broca esté asentada en la barra
	ii) Martillar en la broca para romper la conexión	ii) Aflojar la broca mientras está sentada firmemente en la cara o en la parte inferior del orificio
POSICIÓN - 3 Escumir	i) Par de fuerza de alta rotación aplicada a la broca estancada	i) Aplique una cantidad mínima de presión de martillo para liberar la broca antes de aumentar las presiones de rotación
	ii) Corrosión	ii) Inspeccionar el casquillo del hilo para detectar picaduras y óxido
	iii) Romper la conexión martillando en la broca	iii) Aflojar la broca mientras está sentada firmemente en la cara o en la parte inferior del orificio



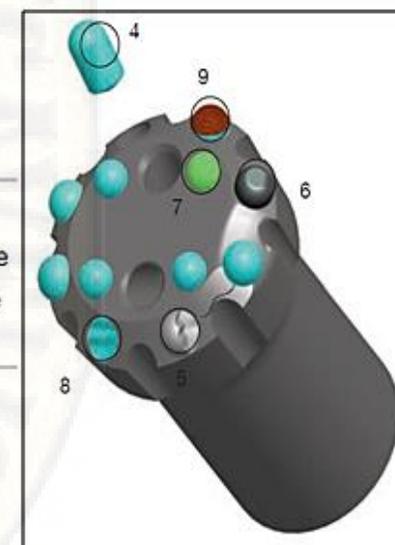
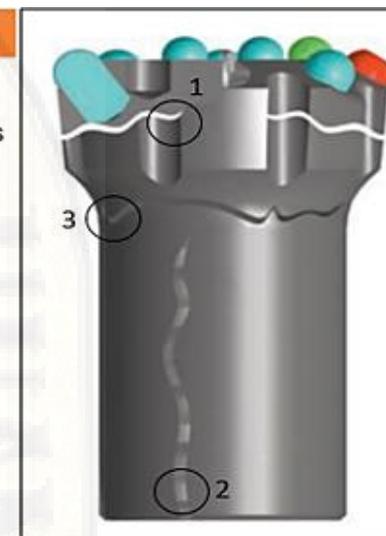
FALLA	CAUSA PROBLEMA	MEDIDAS RECOMENDADAS
POSICIÓN - 4 Botón del calibrador perdido	i) Fuego seco	i) No activar la percusión completa a menos que las brocas estén firmemente asentadas contra el material sólido. Utilice percusiones reducidas cuando esté maquinando en superficies irregulares si las brocas cuelgan en el orificio y cuando se hace girar la cuerda de perforación para aflojar las conexiones
	ii) Excesiva reducción del cuerpo de la broca debido a la erosión causada por un enjuague deficiente o una excesiva abrasión del cuerpo de la broca	ii) Asegurarse de que los recortes de perforación estén adecuadamente rescatados. Evitar taladrar en material roto y fracturado donde se requiera una limpieza excesiva del hoyo o una perforación posterior. Eliminar solo la cantidad de cuerpo requerida para restablecer la protrusión correcta del botón durante el rectificado
	iii) Escalar con broca	iii) Use las herramientas de escalado adecuadas
	iv) Interferencia demasiado baja cuando el botón se ajusta	iv) Reenviar para el análisis
POSICIÓN - 5 Botones rotos	i) Sobre perforación	i) ¡El 90% de todas las fallas de los botones son el resultado directo de continuar perforando con un desgaste excesivo en los botones! Retirar y revisar las brocas una vez que el desgaste de cualquier botón alcance 1/3 del diámetro del botón de la cara. Restaurar el perfil del botón y la protuberancia como se recomienda en la guía de afilado de brocas antes de continuar el uso



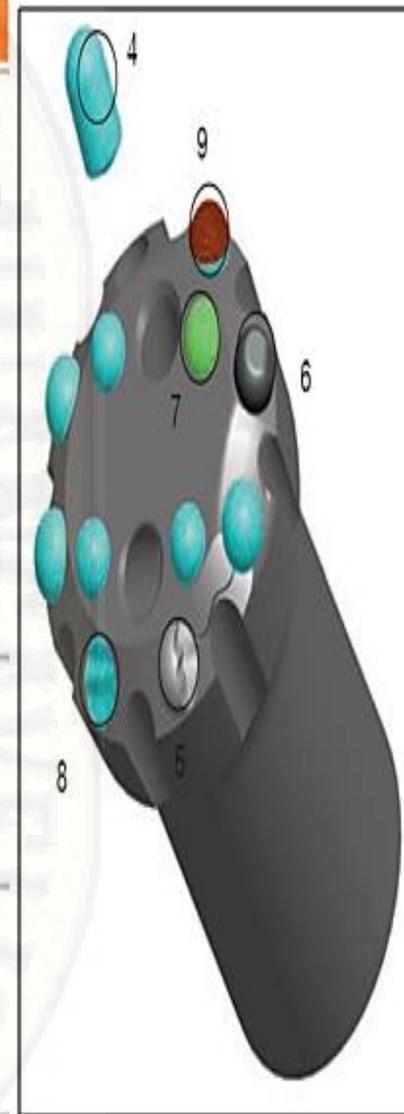
FALLA	CAUSA PROBLABLE	MEDIDAS RECOMENDADAS
<b>POSICIÓN - 5</b> <b>Botones rotos</b>	ii) Perforación en metal	ii) Incluso los nuevos botones se romperán al encontrarse con material extraño como acero, barras, fierro estriado o cualquier otro metal atrapado en la roca.
	iii) Rotación fuerte en orificios de menor tamaño, en material roto o a través de huecos en la roca	iii) Verificar que los diámetros de las brocas sean más pequeñas que el orificio antes de intentar limpiar o profundizar un orificio en estas condiciones. No fuerce las brocas si ocurre un atasco. Retraer hasta que gire libremente y avanzar lentamente con rotación moderada. Si esto falla, use una broca desechada o amole los botones de la broca para reducir el diámetro lo suficiente como para pasar o eliminar la obstrucción.
	iv) Fatiga de la "piel de serpiente" por la perforación prolongada en material no abrasivo	iv) Perforación excesiva en material suave no abrasivo deja una superficie brillante en los botones. Bajo ampliación, normalmente se puede encontrar una red de grietas microscópicas. Inspeccionar regularmente las brocas y vuelva a perfilar los botones para eliminar estas grietas de la superficie de los carburos una vez que la piel de los carburos comience a mostrar



FALLA	CAUSA PROBLABLE	MEDIDAS RECOMENDADAS
<p><b>POSICIÓN - 6</b></p> <p>Los botones esquilados encima o debajo del cuerpo de la broca</p>	<p>i) Rotación contundente contra intrusiones, en material roto o a través de vacíos en la roca</p>	<p>i) Rotación brusca y estancamiento indica obstrucciones en el orificio. No forzar las barras si esto ocurre. Retractor la cuerda hasta que se restablezca la rotación libre. Luego avanzar lentamente con rotaciones moderadas hasta que se pase o elimine el obstáculo. Si esto falla, utilizar brocas desechadas, una broca de diámetro más pequeño o amole los botones del calibre de la broca para reducir el diámetro lo suficiente como para pasar o eliminar la obstrucción.</p>
	<p>ii) Mala colocación del collar</p>	<p>ii) Primero, asegurarse de que el mástil esté seguro. Arrancar el collar y luego presión total una vez que la broca esté incrustada 300 mm (12.0 ") en la roca</p>
	<p>iii) Protrusión excesiva del botón a través de un afilado incorrecto</p>	<p>iii) Las protuberancias mayores a 3/4 del diámetro del botón no proporcionarán suficiente soporte para resistir las fuerzas de tracción que los botones pueden encontrar</p>
	<p>iv) Deformación de la parte superior del orificio del botón. Posible sobrecalentamiento de las barras por uso inapropiado</p>	<p>iv) La temperatura del cuerpo de la broca durante la perforación puede alcanzar los 200° C (392° F) reduciendo significativamente la fuerza de retención</p>

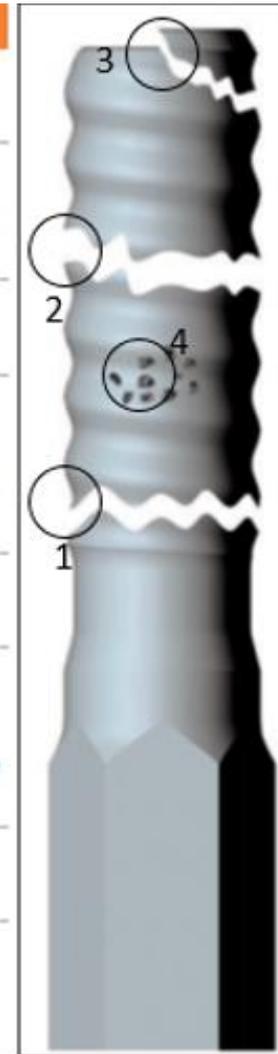


FALLA	CAUSA PROBLABLE	MEDIDAS RECOMENDADAS
POSICIÓN - 7 Botón partido	i) Sobre perforación	i) El 90% de todas las fallas de los botones son el resultado directo de continuar perforando con un desgaste excesivo en los botones Retirar y revisar las brocas una vez que el desgaste de cualquier botón alcance 1/3 del diámetro del botón de la cara. Restaurar el perfil del botón y la protuberancia como se recomienda en la guía de afilado de brocas antes de continuar el uso
POSICIÓN - 8 Desgaste del botón diámetro 1/3	i) Desgaste normal del botón	i) Reafilar el botón y restaurar al perfil original
POSICIÓN - 9 Piel de serpiente, aspecto brillante pulido	i) Al perforar roca no abrasiva, se desarrollan microfracturas en carburo	i) Reafilar las brocas con frecuencia incluso si no hay desgaste visible es evidente

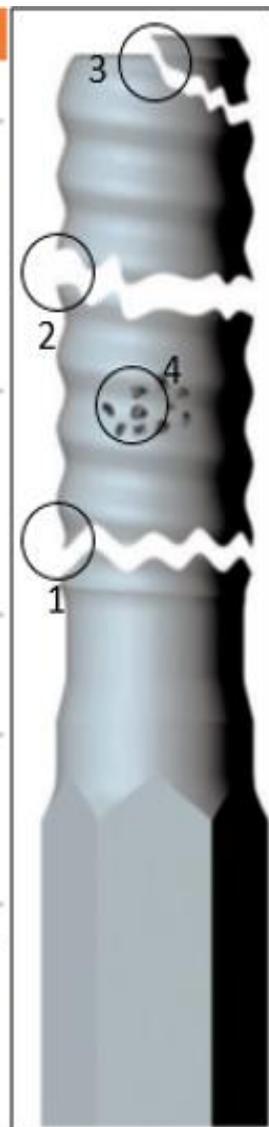


Cuadro 35. Fallas, causas y recomendaciones por tipo de falla que presenten las barras de perforación de 12 pies.

FALLA	CAUSA PROBLABLE	MEDIDAS RECOMENDADAS
<p><b>POSICIÓN - 1</b></p> <p>La falla ocurre cuando el acoplamiento termina o por encima del radio del hilo Típicamente una falla repentina</p>	i) Orificio errante o a la deriva	i) Emplear dispositivos o sistemas de perforación de orificio recto
	ii) Hilos y / o acople desgastados Acoplamiento migratorio (puente gastado)	ii) Reemplazar los componentes gastados. No colocar un acople desgastado en una barra nueva. Cambie sus acoples con nuevas barras
	iii) Doblado debido a la sobrealimentación	ii) Monitorear la fuerza de alimentación y sintonizar condiciones de la roca
	iv) Doblado debido a la desalineación	iv) Utilice herramientas de alineación para monitorear la orientación del orificio una vez que el orificio ha sido agarrado. Reemplace las almohadillas de desgaste en la alimentación
	v) Rotación excesiva durante la retracción de la barra	v) Ajustar las presiones de perforación
	vi) Cargas de rotación pesadas causadas por la perforación con una broca sin filo y un aumento de la tensión reflejada	vi) Volver a afilar las brocas cuando las planchas de desgaste aparezcan 1/3 sin brillo o deseche cuando la altura del perfil de carburo se vea comprometida
	vii) Perforación en huecos, costuras y / o condiciones rotas	vii) Ajustar la percusión y las presiones de alimentación a las condiciones de la roca
	viii) Percusión continua cuando el taladro de acero se atasca en el vacío o la costura	viii) Utilizar taladros con características antiatascos. Reduzca la alimentación y la presión de percusión



FALLA	CAUSA PROBLABLE	MEDIDAS RECOMENDADAS
<b>POSICIÓN - 2</b> Fatiga a través de una alta tensión superficial o de cizalladura, que ocurre en 1/3 del camino hacia los hilos	i) Hilos desgastados o agallamiento superficial	i) Reemplazar los componentes gastados
	ii) Capa superficial de hilo dañada por una mella o abolladura causada por cuidado y manejo incorrectos	ii) Almacenar las barras en un bastidor de barra cuando retire la sarta de perforación. No deje caer las barras
<b>POSICIÓN - 3</b> Chip roto en el extremo del acero de taladro	ii) Demasiado juego en el acoplamiento. Los aceros de perforación se unieron incorrectamente en el acoplamiento como resultado de un desgaste de hilo o puente	i) Reemplazar los componentes gastados
	ii) Extremo de martillado del acero en el acoplamiento	ii) Usar una placa desprendible para aflojar las juntas.
<b>POSICIÓN - 4</b> Excoriación en los hilos y calor excesivo (cambio de color a azul)	i) La energía no utilizada del golpe de percusión se refleja hacia atrás a la máquina de perforación	i) Ajustar la percusión y las presiones de alimentación a las condiciones de la roca
	ii) Perforación con brocas desafiladas	ii) Volver a afilar las brocas cuando las planchas de desgaste aparezcan 1/3 sin brillo o deseche cuando la altura del perfil de carburo se vea comprometida



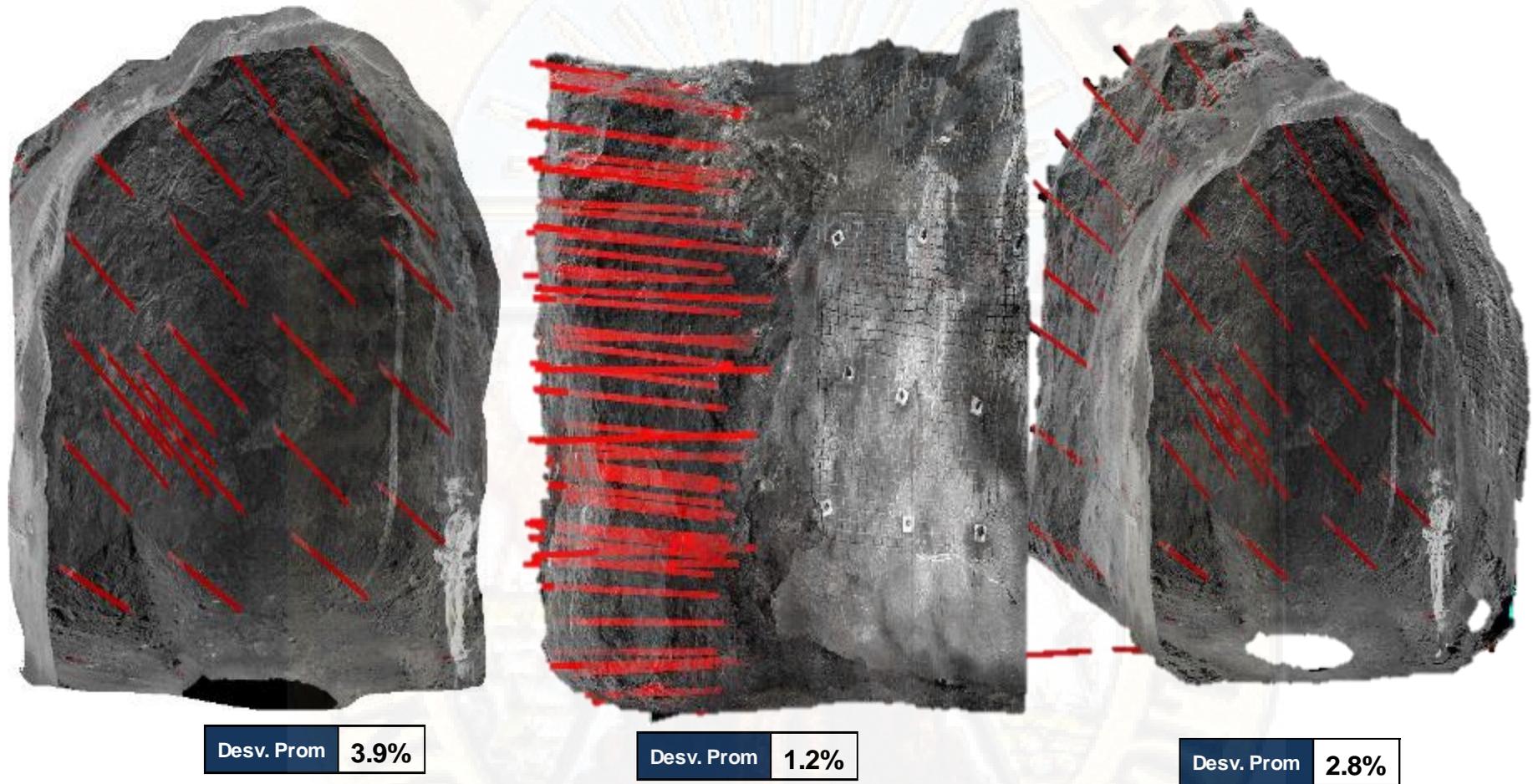


Imagen 16. Monitoreo sistematico mediante software del paralelismo en perforaciones de labores de avance y desviacion promedio de los taladros en la perforación.