

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA DIGITAL Y TALLER DE AFILADO PARA
LA OPTIMIZACIÓN DE BROCAS Y SISTEMA DE PERFORACIÓN EN LA UNIDAD
MINERA ORCOPAMPA 2022**

Tesis presentada por la Bachiller:

Rivera Escobedo, Marianne Caroline

para optar el Título Profesional de

Ingeniera de Minas

Asesor:

**Ing. Lopez Casaperalta Patricia
Yaneth**

Arequipa- Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERÍA DE MINAS
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Marzo del 2023

Dictamen: 006579-C-EPIM-2023

Visto el borrador del expediente 006579, presentado por:

2015800782 - RIVERA ESCOBEDO CAROLINE MARIANE

Titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA DIGITAL Y TALLER DE AFILADO PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE BROCAS Y SISTEMA DE PERFORACIÓN EN LA UNIDAD MINERA
ORCOPAMPA 2022**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**3119 - REATEGUI ORDOÑEZ FULTON CARLOS PASTOR
DICTAMINADOR**



**3324 - DELGADO PONCE MARIA AZUCENA
DICTAMINADOR**



**9571 - BERNEDO TITO EDWIN JOSE
DICTAMINADOR**



IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA DIGITAL Y TALLER DE AFILADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE BROCAS Y SISTEMA DE PERFORACIÓN EN LA UNIDAD MINERA ORCOPAMPA 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	incimmet.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	qdoc.tips Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
11	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
12	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
13	catalanadeperforacions.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.occidentalds.com Fuente de Internet	<1 %
16	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.incimmet.com Fuente de Internet	<1 %
19	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	1library.co Fuente de Internet	<1 %

21	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
22	xdocs.net Fuente de Internet	<1 %
23	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
27	repositoriodemo.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to uniminuto Trabajo del estudiante	<1 %
30	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
31	www.iimp.org.pe Fuente de Internet	<1 %

32

fenix.tecnico.ulisboa.pt

Fuente de Internet

<1 %

33

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

34

expeditiorepositorio.utadeo.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

35

Salcedo Maldonado, Jorge Luis, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Ciència Política i de Dret Públic. "La Visibilidad mediática de actores políticos en la red : la política de gestión de contenidos digitales y la propiedad intelectual en España y en el Reino Unido : tesis doctoral /", Bellaterra : Universidad Autònoma de Barcelona, Departamento de Ciencia Política y Derecho Público,, 2012

Fuente de Internet

<1 %

36

www.ing.uc.edu.ve

Fuente de Internet

<1 %

37

Jiménez Muñiz Alejandro. "Análisis estadístico de los cursos b-learning en las materias de ecuaciones diferenciales, ingeniería de software y métodos numéricos I, para la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación", TESIUNAM, 2018

Publicación

<1 %

38	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
39	"Proceedings of the 7th Brazilian Technology Symposium (BTSym'21)", Springer Science and Business Media LLC, 2022 Publicación	<1 %
40	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Tecnologica de Honduras Trabajo del estudiante	<1 %
42	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
43	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
44	americanae.aecid.es Fuente de Internet	<1 %
45	idl-bnc-idrc.dspacedirect.org Fuente de Internet	<1 %
46	rucont.ru Fuente de Internet	<1 %
47	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
48	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %

49	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
52	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
53	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
54	www.sharkcompany.com Fuente de Internet	<1 %
55	www.upo.es Fuente de Internet	<1 %
56	archive.org Fuente de Internet	<1 %
57	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 24 (2008)", Brill, 2012 Publicación	<1 %
58	Granados Rangel Oliva. "Frecuencia de asociación de hipercalcemia, niveles de la fosfatasa alcalina y lesiones óseas detectadas	<1 %

por gammagrafía ósea en pacientes con diagnóstico de cáncer", TESIUNAM, 2008

Publicación

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

Dedicatoria

A mis padres y abuelos que me formaron con buenos hábitos y valores, lo que me motivó a seguir adelante y afrontar los momentos difíciles en mi vida para nunca quedarme atrás y ser diferente a los demás. A mis docentes que fueron aquellos que me guiaron en esta carrera profesional que me encantó en cada aspecto. Y a mis amistades que estuvieron apoyándome y colaborando conmigo para poder desarrollarme como la profesional que tanto deseo ser para seguir aprendiendo cada día más tanto de la vida como de mi carrera



Agradecimiento



Agradezco a cada persona que estuvo en mi vida que me ha enseñado tanto de lo bueno y lo malo para crecer tanto en mi desarrollo como futura profesional y como mujer de bien para la sociedad y que Dios me estuvo acompañando para seguir adelante.

RESUMEN

La presente investigación pretende cumplir con el objetivo: “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. La optimización se midió a través de los indicadores costo y rendimiento. Los resultados demuestran que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación total de la unidad minera Orcopampa, pasando de una pendiente de variación de 82 a 48 dólares por cada vez que se disminuya la cantidad de aceros y brocas utilizadas. Por otro lado, se observó un incremento de la pendiente del rendimiento de 55 metros perforados, cada vez que se disminuya la cantidad de aceros y brocas utilizadas. En cuanto a la hipótesis de la presente investigación, “Si se implementa la herramienta digital y taller de afilado, se podrá optimizar el consumo de brocas y sistema de perforación en la Unidad Minera Orcopampa”; se ha demostrado con la aplicación del modelo de regresión estadísticamente significativos que, dicha implementación, ha optimizado tanto el costo como el rendimiento del sistema de perforación total de la unidad minera Orcopampa.

Palabras clave: Afilado de brocas, costo, rendimiento.

ABSTRACT

The present investigation intends to fulfill the objective: "Determine the optimization of the consumption of bits and drilling system, through the implementation of a sharpening workshop and digital tool in the Orcopampa Mining Unit". The optimization was measured through cost and performance indicators. The results show that the implementation of the sharpening workshop and digital tool decreases the impact on the cost of the total drilling system of the Orcopampa mining unit, going from a variation slope of 82 to 48 dollars for each time the quantity is decreased. of steels and drill bits used. On the other hand, an increase in the yield slope of 55 meters drilled was observed, each time the amount of steel and bits used is decreased. Regarding the hypothesis of the present investigation, "If the digital tool and sharpening workshop are implemented, it will be possible to optimize the consumption of drill bits and the drilling system in the Orcopampa Mining Unit"; It has been shown with the application of the statistically significant regression model that, said implementation, has optimized both the cost and the performance of the total drilling system of the Orcopampa mining unit.

Keywords: Drill bit sharpening, cost, performance.

INTRODUCCIÓN

En la Unidad Minera Orcopampa, la contratista minera INCIMMET quien trabaja con Boart Longyear, empresa que está encargada de brindar los aceros y brocas de perforación. Los trabajos de perforación presentaban una rentabilidad negativa en función a un alto consumo de aceros y brocas de perforación por las condiciones del terreno y por la falta de control del consumo y rendimiento de los aceros y brocas de perforación, generando altos costos en los trabajos de perforación.

La falta de registro de información referente a los taladros perforados, brocas utilizadas, aceros pertenecientes al sistema de perforación, inventariado de accesorios, ubicación y programación de equipos para mantenimiento preventivo. Y la falta de mantenimiento de las brocas de 45 mm y 102 mm; son los principales factores que han repercutido sobre el rendimiento de metros perforados, y han incrementado los costos, afectando la rentabilidad de la empresa.

Por lo anterior, el presente trabajo, tiene como objetivo “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”.

Los resultados indican que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital ha disminuido el impacto sobre el costo del sistema de perforación total y ha mejorado el rendimiento, del sistema de perforación de la unidad minera Orcopampa.

En cuanto a la estructura de la presente investigación, en el capítulo I, se expone el planteamiento teórico, que abarca, la descripción del problema, objetivos, marco teórico e hipótesis. En el capítulo II, se elaboró el planeamiento operacional, que incluyó: técnicas e instrumentos, campo de verificación y estrategias de recolección de datos. En el capítulo III, se presentó los datos referentes al taller de afilado, sistema de perforación y herramienta digital aplicados en la unidad minera. En el capítulo IV, se presentan los resultados de la implementación de herramienta digital y taller de afilado para la optimización de brocas y sistema de perforación en la unidad minera Orcopampa 2022.

ÍNDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	2
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	3
1.1. <i>Problema de investigación</i>	3
1.2. <i>Descripción del problema</i>	3
1.3. <i>Operacionalización de variables</i>	7
1.4. <i>Justificación</i>	8
1.5. <i>Objetivos</i>	9
1.6. <i>Marco teórico</i>	9
1.7. <i>Antecedentes</i>	17
1.8. <i>Hipótesis</i>	18
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	19
2. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	20
2.1. <i>Técnicas e instrumentos</i>	20
2.2. <i>Campo de verificación</i>	20
2.3. <i>Estrategias de recolección de datos</i>	21
2.4. <i>Alcance de la investigación</i>	21
2.5. <i>Limitaciones de la investigación</i>	22
CAPÍTULO III: SISTEMA DE PERFORACIÓN, TALLER DE AFILADO Y HERRAMIENTA DIGITAL	23
3. SISTEMA DE PERFORACIÓN, TALLER DE AFILADO Y HERRAMIENTA DIGITAL.....	24
3.1. <i>Taller de afilado de brocas</i>	24
3.2. <i>Sistema de perforación unidad minera Orcopampa</i>	50
3.3. <i>Sistema de perforación frontenero</i>	51
3.4. <i>Sistema de perforación sostenimiento</i>	61
3.5. <i>Sistema de perforación cónico</i>	66
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	71
4. RESULTADOS.....	72
4.1. <i>Optimización de brocas y sistema de perforación</i>	72
4.2. <i>Optimización del sistema de perforación frontenero</i>	76
4.3. <i>Optimización del sistema de perforación sostenimiento</i>	80
4.4. <i>Optimización del sistema de perforación cónico</i>	83
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS.....	93

ANEXOS	95
ANEXO A: DATA MENSUAL.....	96
ANEXO B: VALIDACIÓN DE DATOS.....	110



Índice de Tablas

Tabla 1 Vida útil de los aceros de perforación que se logra en campo.....	4
Tabla 2 Vida útil de los aceros de perforación que se debería lograr en campo.....	5
Tabla 3 Resumen de costos de perforación.....	6
Tabla 4 Criterios de descarte de brocas	25
Tabla 5 Servicio de afilado de brocas	27
Tabla 6 Características técnicas maquina afiladora	29
Tabla 7 Angulo de afilado de brocas	31
Tabla 8 Consumo de aceros de perforación de equipos fronteneros	46
Tabla 9 Consumo de aceros de perforación de equipos de sostenimiento.....	47
Tabla 10 Consumo de aceros de perforación de equipos cónicos	48
Tabla 11 Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación total	74
Tabla 12 Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación total	75
Tabla 13 Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas de la perforación Frontenero	77
Tabla 14 Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación Frontenero.....	79
Tabla 15 Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas de la perforación Sostenimiento.....	81
Tabla 16 Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación sostenimiento.....	82
Tabla 17 Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas de la perforación Sostenimiento.....	85
Tabla 18 Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación cónico.....	86
Tabla 19 Pruebas de normalidad.....	110
Tabla 20 Correlación Rho Spearman.....	110

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación geográfica Orcopampa	10
Figura 2 Descripción de broca	13
Figura 3 Taller de Afilado en el sistema de perforación.....	24
Figura 4 Refrigeración para el afilado (agua)	32
Figura 5 Desgaste prematuro de la muela (afilado sin agua)	32
Figura 6 Centralización de la broca	33
Figura 7 Deformación del inserto por centralización incorrecto	33
Figura 8 Correcta centralización.....	34
Figura 9 Achatamiento del inserto por demasiada fuerza.....	34
Figura 10 Mal y Buen afilado de broca	36
Figura 11 Flujograma control de aceros de perforación.....	39
Figura 12 Herramienta digital excel del Inventario de aceros de perforación	41
Figura 13 Hoja de excel de las entradas del Inventario de aceros de perforación	41
Figura 14 Hoja de excel de las salidas del Inventario de aceros de perforación	42
Figura 15 Hoja de excel del Inventario de aceros de perforación con el equipo Jack Leg.....	42
Figura 16 Base de aceros de perforación con el equipo J201	43
Figura 17 Base de aceros de perforación con todos los equipos.....	43
Figura 18 Base de aceros de perforación con el equipo Bolter.....	44
Figura 19 Reporte de operadores	45
Figura 20 Check list de perforadora y reporte de pies perforados	45
Figura 21 Sistema de perforación total de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 – 2022 ..	51
Figura 22 Sistema de perforación Frontenero de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022	52
Figura 23 Acero SHK SVK HLX5 HM38 045/500 (codigo 450851)	54
Figura 24 Acero COUPLING HM 38 S/B 055 191 (código 350002).....	54
Figura 25 Acero ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C (codigo 220547)	55
Figura 26 Acero RIMADORA (codigo 990084)	56
Figura 27 Acero BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G (codigo 111100).....	57
Figura 28 SHK MON HC50 R32F 045/270 (codigo 450862).....	58

Figura 29 ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (codigo 220603).....	59
Figura 30 BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (codigo 111109)	61
Figura 31 Sistema de perforación Sostenimiento de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022.....	62
Figura 32 Acero SHK MON HC50 R32F 045/270 (codigo 450862).....	63
Figura 33 ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603).....	64
Figura 34 BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (codigo 111109)	65
Figura 35 Sistema de perforación Cónico de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022	67
Figura 36 ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C (codigo 250160).....	68
Figura 37 ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C (codigo 250161).....	68
Figura 38 ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C (codigo 250162).....	69
Figura 39 BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N (codigo 950264).....	70



Índice de gráficos

Gráfico 1	Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación total.....	74
Gráfico 2	Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación total.....	75
Gráfico 3	Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación frontenero.....	78
Gráfico 4	Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación frontenero.....	79
Gráfico 5	Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación sostenimiento.....	82
Gráfico 6	Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación sostenimiento.....	83
Gráfico 7	Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación cónico.....	86
Gráfico 8	Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación cónico.....	87

A large, faint watermark of the Universidad Católica de Santa María logo is centered on the page. It features a shield with a crown, a book, and a lamp, surrounded by a banner with the text 'UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA' and the year '1961' at the bottom.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. Planteamiento teórico

1.1. Problema de investigación

La falta de registro de información de los sistemas de perforación empleados en la unidad minera Orcopampa, no permite llevar un control adecuado del sistema de perforación y costos.

1.2. Descripción del problema

Se sabe que el sector minero forma parte de una industria potencial para el Perú, siendo uno de los principales motores de la economía, por lo cual se le debe dar la respectiva importancia y atención. Dentro de las operaciones de producción se encuentra el proceso de minado y es la perforación la primera operación en la realización de una voladura.

La contratista minera INCIMMET quien brinda servicios de exploración de mineral, explotación, desarrollo y preparación, acarreo y transporte y cable bolting, viene trabajando con la empresa Boartlongyear en un contrato PPM, para los contratos PPM, el cliente se compromete a pagar una tarifa específica por cada metro perforado, que considera variables tales como rendimiento de los equipos de perforación, mantenimiento, capacitación de operadores, logística, almacenamiento, transporte de consumibles, repuestos, etc. Desde que empezó el contrato hasta enero presentaba una rentabilidad negativa en función a un alto consumo de aceros y brocas de perforación por las propiedades, características, condiciones del terreno y falta de control del consumo y rendimiento de los aceros y brocas de perforación, generando altos costos en los trabajos de perforación y otros problemas que son consecuente al ciclo de minado.

La falta de registro de datos referente a los taladros perforados, brocas utilizadas, aceros pertenecientes al sistema de perforación, inventariado de accesorios, ubicación y programación de equipos para mantenimiento preventivo, provocó que la información que se recopilaba, solo se daba cerca al cierre de la valorización mensual, perdiendo un porcentaje de la misma por no ser recogida de manera diaria ya que algunos operadores no completaban sus reportes de las actividades desarrolladas en el día realizado descontando la suma de esos taladros perforados en el rendimiento mensual el cual es de suma importancia.

Esta información es interactiva y con un control adecuado, nos ayudaría a explorar y analizar la información de manera estructurada permitiendo observar tendencias o patrones, a partir de los cuales se puede llegar a una conclusión para poder tomar decisiones al instante y no esperar como normalmente ocurre a fin de mes o cerca al cierre de una valorización.

Otro de los problemas encontrados es la falta de mantenimiento de las brocas de 45 mm y 102 mm; lo que repercute sobre el rendimiento de metros perforados, no permitiendo cumplir con el objetivo que debería lograrse en el trabajo de campo.

Por lo anterior, se realizó un análisis de los aceros de perforación desde agosto de 2021 a diciembre del 2022 obteniendo resultados por debajo de 320 metros por brocas de 45 mm, 300 metros para brocas de 102 mm utilizadas en el rimado para frentes, 200 metros para brocas de sostenimiento y 300 m para perforación con máquinas Jackleg Seco 250.

El presente trabajo, consiste en optimizar las brocas de 45 mm para perforación de frentes y brocas de 102 mm para perforaciones de rimado, para ello se obtendrá datos específicos del tipo de terreno en las distintas zonas de la mina como son: Zona alta, media y baja. También se obtendrá el estado de los equipos de perforación con los que cuenta la empresa y sus rendimientos reales en campo y los rendimientos que debería llegar para cumplir el proceso de optimización.

En la Tabla 1, se observa, los rendimientos promedio, consumos y precios de los accesorios de perforación, con los que, la empresa trabajaba desde octubre del 2021 hasta enero del 2022.

Tabla 1

Vida útil de los aceros de perforación que se logra en campo

VIDA UTIL EN CAMPO DE LOS ACEROS DE PERFORACION					
TIPO DE PERFORACION	EQUIPO	CODIGO DE PRODUCTO	ACCESORIO	DESCIPCION	RENDIMIENTO EN METROS
CÓNICO	JACKLEG	950264	Broca	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N	83.82
CÓNICO	JACKLEG	250160	Barra 4 pies	ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C	1240.41
CÓNICO	JACKLEG	250161	Barra 6 pies	ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C	1263.75
CÓNICO	JACKLEG	250162	Barra 8 pies	ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C	1330.69
VIDA UTIL EN CAMPO DE LOS ACEROS DE PERFORACION					
TIPO DE PERFORACION	EQUIPO	CODIGO DE PRODUCTO	ACCESORIO	DESCIPCION	RENDIMIENTO EN METROS
FRONTENERO	JUMBO	111100	Broca	BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G	304.92
FRONTENERO	JUMBO	220547	Barra 14 pies	ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C	3337.58
FRONTENERO	JUMBO	350002	Acople	COUPLING HM38 S/B 055 191	3375.83
FRONTENERO	JUMBO	450851	Shank	SHK SVK HLX5 HM38 045/500	3375.83
FRONTENERO	JUMBO	990084	Rimadora	BTN PILOT 102 DM35 043 8H12/6H12	308.72
VIDA UTIL EN CAMPO DE LOS ACEROS DE PERFORACION					
TIPO DE PERFORACION	EQUIPO	CODIGO DE PRODUCTO	ACCESORIO	DESCIPCION	RENDIMIENTO EN METROS
SOSTENIMIENTO	BOLTER	111109	Broca	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G	194.89
SOSTENIMIENTO	BOLTER	220603	Barra 8 pies	ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C	1091.05
SOSTENIMIENTO	BOLTER	450862	Shank	SHK MON HC50 R32F 045/270	2368.12

Fuente: INCIMMET (2022)

En la Tabla 2, se muestra los rendimientos de los accesorios de perforación establecidos de pruebas realizadas en campo antes de iniciar el proyecto en el 2020, los que debería cumplirse en los frentes de trabajo, sin embargo; al comparar el rendimiento en metros que se logra en campo (Tabla 1), versus el rendimiento objetivo (Tabla 2), se observa que, la perforación cónica, frontenero y de sostenimiento que utilizan el accesorio de brocas, no están llegando al cumplimiento requerido en campo.

Tabla 2

Vida útil de los aceros de perforación que se debería lograr en campo

VIDA UTIL EN CAMPO DE LOS ACEROS DE PERFORACION					
TIPO DE PERFORACION	EQUIPO	CODIGO DE PRODUCTO	ACCESORIO	DESCIPCION	RENDIMIENTO EN METROS
CÓNICO	JACKLEG	950264	Broca	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N	92
CÓNICO	JACKLEG	250160	Barra 4 pies	ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C	1200
CÓNICO	JACKLEG	250161	Barra 6 pies	ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C	1200
CÓNICO	JACKLEG	250162	Barra 8 pies	ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C	1200
VIDA UTIL EN CAMPO DE LOS ACEROS DE PERFORACION					
TIPO DE PERFORACION	EQUIPO	CODIGO DE PRODUCTO	ACCESORIO	DESCIPCION	RENDIMIENTO EN METROS
FRONTENERO	JUMBO	111100	Broca	BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G	320
FRONTENERO	JUMBO	220547	Barra 14 pies	ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C	3500
FRONTENERO	JUMBO	350002	Acople	COUPLING HM38 S/B 055 191	3500
FRONTENERO	JUMBO	450851	Shank	SHK SVK HLX5 HM38 045/500	3500
FRONTENERO	JUMBO	990084	Rimadora	BTN PILOT 102 DM35 043 8H12/6H12	300
VIDA UTIL EN CAMPO DE LOS ACEROS DE PERFORACION					
TIPO DE PERFORACION	EQUIPO	CODIGO DE PRODUCTO	ACCESORIO	DESCIPCION	RENDIMIENTO EN METROS
SOSTENIMIENTO	BOLTER	111109	Broca	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G	200
SOSTENIMIENTO	BOLTER	220603	Barra 8 pies	ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C	1250
SOSTENIMIENTO	BOLTER	450862	Shank	SHK MON HC50 R32F 045/270	1000

Fuente: INCIMMET (2022)

La siguiente investigación, está enfocada en optimizar los bajos rendimientos de los aceros de perforación, ya que se encontró trabajando brocas de perforación con equipos jumbo 45 mm y 102 mm sin recibir el respectivo mantenimiento (afilado), situación que representa la causa fundamental por la que las brocas de perforación no cumplen sus rendimientos reales.

Adicionalmente se observó que, no se había llevado el debido control de los aceros de perforación como: brocas, barras, shanks, entre otros. Es decir, no se tenía un control ni se realizaba seguimiento para observar el estado de los aceros y equipos utilizados, según las labores que se

encontraban en desarrollo. Por lo que, el presente proyecto consiste en la implementación de una herramienta digital y de un taller para el afilado de las brocas de 45 mm y 102 mm.

La implementación de herramienta digital, consiste en generar una base de datos en Excel que permitan recopilar la información real y actualizada de manera diaria con el objetivo de obtener la ubicación y estado de los aceros para poder realizar el seguimiento respectivo directamente en las labores, además de poder controlar mediante la data registrada la cantidad de metros realizados por perforadoras JackLeg y su ubicación para poder programar los mantenimientos preventivos mediante una macro que recolecta información desde el día que la maquina sale a operar hasta el momento que ya cumpliría los 4000 pies perforados para realizar dicho mantenimiento preventivo y evitar fallas en el equipo que provoquen la paralización de la operación.

La implementación de un taller en interior mina, que permita realizar el mantenimiento de brocas (afilado), el mantenimiento de equipos JackLeg, evitando el traslado a superficie ahorrando tiempo, dicho taller también sería utilizado como almacén de aceros. Este taller permitirá llevar un control ordenado y detallado en la entrega de aceros de perforación. El taller se colocó en NV 540, siendo un lugar medio de las zonas para poder ser accesible en las tres zonas de mina.

En cuanto a los costos de perforación, estos se calculan, tomando en cuenta 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). En la tabla 3, se observa el costo de perforación por metro, según el equipo utilizado.

Tabla 3

Resumen de costos de perforación

EQUIPO	COSTO POR METRO
JACKLEG SECO 250	0.60
BOLTER 202	0.46
BOLTER 211	0.46
JUMBO 211	0.32
JUMBO 212	0.32
MUKY	0.46

Fuente: INCIMMET (2022)

1.3. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables responde a las siguientes ecuaciones de regresión lineal simple. La primera ecuación (a), relaciona el rendimiento de las brocas en función de la utilización de brocas nuevas sin la utilización de un taller de afilado y sin la inclusión de la herramienta digital. La segunda ecuación (b), relaciona el rendimiento de brocas nuevas y las brocas afiladas; es decir, las que han pasado por un taller de afilado; e incluyen la utilización de la herramienta digital en el proceso.

Con/Sin la herramienta digital y taller de afilado:

- Rendimiento de brocas y aceros = $a + \beta N_{F,S,C} + e$
- Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_{F,S,C} + e$

Donde:

- a: Intercepción u ordenada al origen.
- β : Pendiente que indica el cambio de la variable dependiente cuando la independiente varía en una unidad.
- $N_{F,S,C}$: Brocas y aceros utilizados en la perforación frontenero, sostenimiento y cónico.

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	CATEGORÍA	INSTRUMENTOS
Optimización de brocas y sistema de perforación en unidad minera Orcopampa	<p>Antes del taller de afilado y herramienta digital excel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo del Sistema de perforación: (Precio por cantidad de aceros) • Rendimiento de aceros: (Metros perforados / cantidad de aceros) <p>Con el taller de afilado y herramienta digital excel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo del Sistema de perforación: (Precio por cantidad de aceros) • Rendimiento de aceros: (Metros perforados / 	Cuantitativa, continua	Revisión documental Excel de cuadro de afilados

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	CATEGORÍA	INSTRUMENTOS
Implementación de Herramienta digital y Taller de afilado	<ul style="list-style-type: none"> • Número de brocas y • Número de aceros utilizados en el sistema de perforación 	Cuantitativa, continua	Revisión documental Excel de cuadro de afilados

1.4. Justificación

El consumo de los aceros de perforación en los frentes de avance, producción y sostenimiento forma parte de una de las operaciones de mayor importancia para la extracción del mineral, por consecuente es importante la vida útil y el rendimiento de los aceros y brocas de perforación por lo que los trabajos a realizar deberán estar bien definidos, como mantenimiento preventivo de los aceros de perforación, y la supervisión del ciclo de perforación que realizan los operadores, las condiciones y tipo de terreno que se presentan en las labores entre otros factores, a consecuencia de ello se plantea implementar la herramienta digital y un taller de afilado para el control y optimización de las brocas y aceros de perforación para obtener ratios de mejora continua y garantizar un mayor rendimiento y mejor operación a menor costo.

En cuanto a la implementación del taller de afilado de brocas, este es necesario ya que, nos ayudara a incrementar la productividad de las mismas y de los aceros de perforación, nos mostrara un margen continuo respecto al consumo de brocas. Nos ayudara a mantener el equipo de afilado de brocas (afiladora) en mejores condiciones y brindarle su mantenimiento cada cierto periodo de tiempo y no estar reparándolas muy seguido y así se reducirá los costos respecto al consumo de brocas, de aceros de perforación, mantenimiento de la afiladora y por consecuencia también de las maquinas perforadoras ya que brocas que no están afiladas afecta el trabajo y rendimiento de toda la columna de perforación, (shank, barra y broca); y por consecuencia encontramos barras rotas, brocas sin insertos o rajadas y shank gastados. Para evitar este tipo de inconvenientes, es que se planteó la implementación de un taller de afilado, el que será utilizado por un largo periodo de tiempo. La implementación del taller de afilado elevaría el rendimiento o vida útil de los aceros, por lo que, el área de logística entregaría brocas después de más días o guardias y por lo tanto se

reduciría el costo en consumo de brocas. Junto a este proceso, se empezó a capacitar al personal sobre la mecánica de perforación y la importancia con la que se debe tomar el proceso, usó y cuidado de aceros de perforación.

Adicionalmente, con la implementación de la herramienta digital se podrá tener un mayor control sobre los aceros utilizados en el sistema de perforación.

1.5. Objetivos

El objetivo general es el siguiente:

- Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa.

Los objetivos específicos corresponden a:

- Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación frontenero, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa.
- Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación sostenimiento, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa.
- Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación cónico, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa.

1.6. Marco teórico

1.6.1. Unidad minera Orcopampa

El distrito minero de Orcopampa, se encuentra ubicada en la provincia de Castilla, departamento de Arequipa a 3,800 m.s.n.m., donde se explota oro de manera mecanizada y convencional por el método de corte y relleno ascendente. Abarca una extensión aproximada de 30 Km². Las vetas principales son: Veta Nazareno, Veta Prometida y Veta Lucy Piso. (Yañez, 2018, p. 4)

Figura 1*Ubicación geográfica Orcopampa*

Fuente: Tomado de Yañez (2018)

1.6.2. Mineralogía

a) Veta Nazareno

Es la más reconocida mediante labores en ocho niveles y en base a sondajes que muestran una longitud de 2 km, anchos de 2 a 10 m y un rango vertical de 400 m.; presenta cimoides. Está emplazado en rocas volcánicas del complejo Sarpane de composición dacítica - ande sitica con una orientación NE y un buzamiento promedio de 78° hacia el sur pero en el nivel 3490 en la galería 1262W muestra un buzamiento hacia el norte debido, muy posiblemente, a una falla de rumbo NW y buzamiento hacia el norte. Cercano a la veta Nazareno se ha reconocido un dique Horblendico pre mineral paralelo a la veta. Hacia, el NW de Nazareno se encuentran otras vetas de orientación casi paralela como es el caso de la Veta Prosperidad y Veta Lucy Piso. Las características mineralógicas de Nazareno son:

- MENA: Oro nativo asociado a Teluros (Calaverita, Petzita, Hessita, Krennerita y telurobismutinita), muy esporádica presencia de cobre gris.
- GANGA: Ensamble Cuarzo gris y blanco – Baritina – dickita - Caolinita, Pirita. (Yañez, 2018, p. 3, 22)

b) Veta Prometida

Ha sido reconocida hasta el momento mediante sondajes y labores en cinco niveles, que indican una estructura de casi 2 Km de longitud, anchos de 2.0 a 4.0 m y un rango vertical de 400

m. Presenta cimoides. La veta prometida tiene un rumbo NE con un buzamiento promedio de 80° hacia el sur, se encuentra emplazado en la caja sur por andesitas y hacia la caja norte por Dacitas y Riodacita. En el nivel 3490 se observa un contacto litológico entre una Riodacita y una andesita con una posible falla irregular que podría ser el límite del contacto. En la veta prometida se han podido reconocer dos ramales; hacia el norte un ramal que recibe el nombre de Prometida Norte por su propia ubicación, que ha sido reconocida gracias a perforaciones de exploración. Las características mineralógicas de Prometida son:

- MENA: Oro nativo asociado a Teluros (Calaverita, Petzita, Nagy agita), presencia restringida de Tetraedrita y tennantita que agregan valores de Plata.
- GANGA: Cuarzo varias generaciones (Cuarzo gris, blanco granular, lechoso), dickita, Caolinita y Alunita minoritariamente. (Yañez, 2018, p. 3, 22)

c) Veta Lucy Piso

En la que se encuentran los tajos 380 y 365, en el nv 540 y el 1260 en el nv 490, contiene buenas leyes de cabeza actualmente es la veta que da el minera especial. (Yañez, 2018, p. 3)

1.6.3. Perforación

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. En perforación tienen gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando ésta se adelgaza (brocas chupadas). (Yañez, 2018, p.29)

1.6.4. Sistemas de perforación

a) Sistema de perforación de rotopercusión

Se trata de un sistema de perforación que utiliza el aire comprimido para accionar el martillo o herramienta de perforación al mismo tiempo que crea una circulación y transporte del detritus hacia el exterior de la perforación. Simultáneamente a la percusión se imprime al varillaje

un movimiento rotativo por medio del cabezal de la máquina de perforación. Se dispone de maquinaria capaz de conseguir profundidades de hasta 700m y con todo tipo de diámetro (hasta a 600mm); inclusive maquinaria para espacios reducidos. (Camarena Cosme, 2012)

b) Sistema de perforación por percusión

La técnica de perforación consiste en realizar un movimiento alternativo de bajada-subida de una masa pesada que en su caída va fracturando o disgregando la roca, desprendiendo de los mismos trozos de variado tamaño, que después se extraen por medio de una válvula o cuchara de limpieza. Es una técnica válida para cualquier tipo de material, sobre todo rocas consolidadas. El concepto básico de la perforación por percusión es el de un elemento metálico que golpea y deshace la formación: pico o trépano, y un elemento que recoge el terreno triturado: pala o cuchara de válvula. Con las nuevas y potentes sondas de percusión los rendimientos son espectaculares. La facilidad de manejo del caber en relación con el del varillaje en la perforación por rotación es una gran ventaja, otra ventaja es la de no necesitar este sistema lodos o mezclas tixotrópicas siempre nocivas al libre paso del agua por los acuíferos. (Camarena Cosme, 2012)

c) Sistema de perforación por rotación

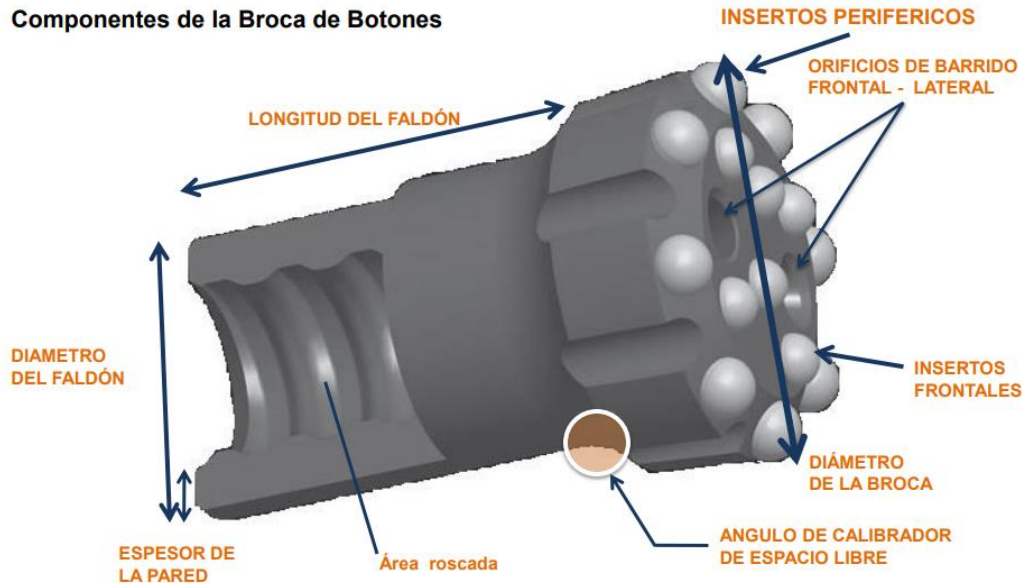
La mecánica de perforación se basa en el corte por cizallamiento o desgaste por abrasión. Este efecto se produce en esquema mediante una herramienta de corte combinando presión/peso sobre la formación, y un movimiento rotativo, al tiempo que un fluido limpia, transporta y extrae el detritus arrancado. Los principales parámetros que se definen en la perforación a rotación son: el peso sobre la herramienta, la velocidad de rotación, las características de la herramienta de corte y la naturaleza y sentido de la circulación del fluido de perforación. (Camarena Cosme, 2012)

d) Onda de choque

El componente principal de la perforación es el pistón, el cual al hacer empujada hacia delante golpea la culata de la barra. La energía cinética del pistón se trasmite la barra en forma de onda de choque. (Camarena Cosme, 2012)

1.6.5. Brocas

Brocas de perforación Es considerado como una herramienta de corte, lo cual tiene insertos periféricos y centrales, los insertos son de carburo de tungsteno. Además, el contacto de la broca es directamente con la roca. Asimismo, en la actualidad existen varios tipos de brocas para la perforación y se clasifican en las siguientes: brocas de botones, brocas tricónicas, brocas especiales y broca de cortadores fijos. (Huatuco Sovero, 2019)

Figura 2*Descripción de broca*

Fuente: Tomado de Torres Fidel, (2022)

1.6.6. Brocas afiladas

Es la restauración del inserto de carburo a su estado original, devolviéndole la forma esférica o balística que tenía. El afilado oportuno se realiza cuando el desgaste del inserto alcance como máximo la tercera parte de su diámetro tanto en brocas de insertos esféricos o balísticos. Un buen afilado es dejar a todos los insertos de la broca en casi su estado inicial. (Huatuco Sovero, 2019)

1.6.7. Desgaste de brocas

De acuerdo a Huatuco (2019)

El afilado oportuno de las brocas se realiza cuando el boton ha perdido el 30% de su tamaño, el espacio entre los botones y la roca es demasiado pequeño. La duración de los aceros de perforación depende de varios factores; el desgaste de estos aceros es un proceso en el que se reduce la vida útil debido a la mala manipulación por parte de los perforistas, a la dureza de la roca y a los esfuerzos aplicados en ellos. Además, se puede añadir los siguientes factores:

- Tipo de roca (grado, dureza, abrasividad).
- Sistema y tipo de equipo de perforación.
- Presión y caudal de aire comprimido.
- Tipo de broca (faldón y cabezal de broca, diseño, distribución y tipo de material de los botones)

Dentro de los parámetros de perforación, se puede distinguir los siguientes:

- Relacionados al equipo: máquina y columna de perforación
- Relacionados con el proceso: presión ejercida (avance, rotación, percusión, agua, aire) donde el operario puede intervenir
- Relacionados con la respuesta del terreno: velocidad de penetración, par de rotación y presión del fluido. Dependen únicamente de las características del terreno.

Por otro lado, los factores que afectan la perforabilidad y el desgaste de brocas son los siguientes:

- Tipo de mineral
- Tamaño de grano
- Contenido de sílice
- Estructuras

1.6.8. Propiedades mecánicas de los aceros

De acuerdo a Huatuco (2019)

Conocer las propiedades mecánicas de los aceros es muy importante, para poder elegir el acero óptimo para la columna de perforación. Existen propiedades mecánicas, como las siguientes:

- Límite de Fluencia
- Dureza
- Resistencia a Tracción
- Elongación
- Fricción
- Soldabilidad
- Plasticidad

1.6.9. Evaluación del tipo de roca y macizo rocoso

De acuerdo a Huatuco (2019), el tipo de roca y macizo rocoso distingue las siguientes propiedades

a) Macizo rocoso

En todo proyecto minero de excavación y explotación requiere información sobre las características físicas, químicas de la roca, litológicas, de los esfuerzos e hidrología de un macizo rocoso en valores numéricos, a fin de planificar la obra y a sus etapas. Las propiedades del macizo rocoso que afectan a la perforación son:

- Dureza
- Resistencia a la compresión
- Abrasividad
- Elasticidad
- Plasticidad
- Textura

b) Perforabilidad

Los factores que Afectan la perforabilidad y el desgaste de brocas son:

- Tipo de Mineral.
- Tamaño de Grano.
- Contenido de Sílice.
- Estructuras, etc.

1.6.8. Empresa INCIMMET

Es una empresa que brinda Soluciones integrales en excavación. Fue fundada en 1993, como respuesta a la demanda por servicios especializados en minería y metalurgia. Se implementa el sistema de Relleno Hidráulico. En 1995, Realizamos nuestro primer proyecto de ingeniería en el extranjero. En 1997 Incursionamos en el mercado de infraestructura: Saneamiento y carreteras. En 2005 Enfocamos los servicios solo en minería. Se complementó el portafolio de servicios con el laboreo minero Trackless. En 2010 Implementamos prácticas de buen gobierno corporativo: CEO externo y Directorio independiente. En 2011 Incluimos a nuestro portafolio de clientes a Anglo American, proyecto Quellaveco. En 2013 Desarrollamos el servicio especializado Cable Bolting. En 2017 Se incluye en nuestro portafolio de clientes a Barrick, Cerro Verde, Southern

Perú y Chinalco en el esfuerzo de diversificar clientes y actividades. En 2018 Incursionamos en la actividad de Raise Boring. Ingresamos al mercado colombiano, contrato con Newmont/Continental Gold, proyecto Buriticá. En 2019 Construimos una chimenea de ventilación de 4.10m de diámetro y 310m de longitud. La primera de este tipo en Colombia y una de las pocas en Latinoamérica. En 2020 Obtuvimos nuestro segundo contrato en Colombia. Contrato celebrado con FURA, proyecto Coscuez para los servicios de desarrollo subterráneo de su mina de esmeraldas. Actualmente cuenta con las certificaciones ISO 45001; ISO 14001 e ISO 9001. (INCIMMET , 2021)

Dentro de sus múltiples proyectos en ejecución, se encuentra el servicio brindado a la mina Orcopampa, donde cumple con las siguientes funciones:

- Excavación subterránea, transporte, preparación y proyección de hormigón proyectado, relleno de minas, acarreo y transporte y servicios auxiliares.
- Excavación subterránea para la preparación y desarrollo de la mina que incluye el desate mecanizado de las labores en secciones de 4m x 4m y 3.5m x 3.5m.
- Preparación, transporte y lanzado de hormigón proyectado para el sostenimiento de las labores.
- Acarreo y transporte de mineral.
- Servicios auxiliares como bombeo. Instalación de líneas de servicios de aire y agua.
- Mantenimiento de vías. (INCIMMET , 2021)

1.6.9. Modelo de regresión lineal múltiple

Los modelo de regresión múltiple estudian la relación entre una variable de interés Y (variable respuesta o dependiente) y un conjunto de variables explicativas X_1, X_2, \dots, X_p .

En el modelo de regresión lineal múltiple se supone que la función de regresión que relaciona la variable dependiente con las variables independientes es lineal, es decir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + u$$

En el modelo de regresión lineal múltiple suponemos que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una tercera variable. Donde los coeficientes β van a indicar el incremento en el “y” por el incremento unitario de cada variable explicativa “x”. (Rojo Abuín, 2007, pp. 2-5)

1.7. Antecedentes

En la investigación “Análisis del consumo de barrenos y brocas en Corporación minera Ananea S.A.”, elaborada por Hugo Edgar, Urquiza Apaza (2019). El autor tiene la finalidad de buscar e identificar los factores más importantes, relacionados con el consumo de barrenos y brocas. El objetivo fue: Analizar los factores de la vida útil del barreno y la broca en minería subterránea. Sobre los resultados hallados se constata que el barreno y la broca principalmente tuvieron un rendimiento promedio; primer caso, en 77 metros/broca que representa el 42.5% optimizado, segundo caso, en 95 metros/broca siendo el 24% en efectividad de rendimiento en promedio con el afilado de brocas en su vida útil. Concluyendo, que los factores más resaltantes que representan principalmente al rendimiento de la broca, es el afilado de las mismas ya que su implementación y un programa adecuado aumenta en el rendimiento de la vida útil del barreno y la broca, como parte del mejoramiento y maximización. Además, repercute directamente en los costos directos de la empresa, donde tuvo una optimización importante debido al número de barrenos y brocas, utilizados en perforación.

En la investigación, Implementación de la herramienta digital “Dashboard” en el control de las operaciones de producción y desarrollo en la Empresa Contratista Minera Miro Vidal y CÍA.S.A.C - Mina Animón, realizada por Alfredo Williams De La Cruz Rivas y Joseph Junior Oré Barja, (2020). Los autores señalan que, la herramienta digital Dashboard, representación gráfica de los KPI's, estuvo dirigido a medir objetivamente los factores internos y externos que influyen en el ciclo de minado de todas las labores de producción y desarrollo en toda la zona designada a la contratista minera Miro Vidal y Cía SAC. El trabajo se realizó en tres etapas: inicial, se realizó el análisis de la situación actual, y cómo influye en la manera de recolección de datos; continua con la etapa intermedia que consistió en la aplicación netamente de la herramienta digital “dashboard” para el control y representación gráfica de los KPI's, del ciclo de minado que influyen directamente en las operaciones de producción y desarrollo; y como etapa final, ha permitido apreciar los logros alcanzados en el objetivo del estudio y la viabilidad del proyecto. La implementación del “dashboard” dentro de las labores de producción en el mes de mayo se redujo en 312 horas respecto a las 1454 horas pérdidas del mes de abril, que demoraba todo el ciclo de minado. También permitió en las labores de desarrollo en el mes de mayo reducir en 75 horas respecto a las 821 horas pérdidas que demoraba todo el ciclo de minado en el mes de abril.

En el trabajo de investigación, Influencia de la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A., reslizado por Cristhian Yosser Huatuco Sovero (2019). El autor indica que, el objetivo general fue determinar cómo influye la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A., y la hipótesis general que se verificó fue la siguiente: la supervisión de las brocas de botones tiene influencia directa para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A. La conclusión general de este estudio fue la siguiente: la supervisión influye directamente en hacer cumplir el rendimiento máximo que puede tener una broca, realizando el seguimiento oportuno de las diferentes actividades como el correcto afilado, la operatividad de los equipos y conocimiento de las características de la roca; llegando así a la reducción del consumo de brocas para la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

En la investigación, Optimización de las brocas de 38,45mm y del sistema de perforación, con fines de disminuir costos en la UEA SEMIGLO de la empresa minera Atacocha S.A., realizada por Camarena Cosme, Danni Alfredo, (2012). El autor indica que, el objetivo del trabajo fue minimizar el excesivo consumo de aceros de perforación, por ello se planteó crear un taller de afilado de brocas. Las principales conclusiones fueron: Se disminuyó la existencia de taladros desviados gracias a las capacitaciones y técnicas de perforación con los operadores. Se incrementó el rendimiento de las brocas y de los accesorios de perforación.

1.8. Hipótesis

Si se implementa la herramienta digital y taller de afilado, se podrá optimizar el consumo de brocas y sistema de perforación en la Unidad Minera Orcopampa.



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

2. Planteamiento operacional

2.1. Técnicas e instrumentos

El método de investigación es experimental, debido a que las unidades de estudio (brocas de 45 mm y 102 mm), van a ser manipuladas en el taller implementado para poder optimizar y controlar su consumo en el sistema de perforación utilizado en el campo minero Orcopampa. Y correlacional ya que va a determinar la relación existente entre la implementación de la herramienta digital y taller de afilado sobre el rendimiento de las brocas y sistema de perforación.

Para la variable optimización de brocas y sistema de perforación en unidad minera Orcopampa, se utilizará la técnica de observación de datos recolectados referentes a las brocas y sistema de perforación, los que permitirán optimizar tanto el consumo de brocas así como el sistema de perforación.

Para la variable implementación de herramienta digital y taller de afilado, se utilizará la técnica de revisión documental de las fichas de registro de datos diaria sobre los accesorios y sistema de perforación.

En el presente proyecto se utilizarán los siguientes instrumentos.

- Programa de procesamiento de datos (Excel).
- Fichas de registro diarias.

2.2. Campo de verificación

2.2.1. *Ámbito*

La investigación será realizada en la unidad minea Orcopampa.

2.2.2. *Unidades de estudio*

La población la comprenden los accesorios de perforación de frentes, sostenimiento y cónico.

El tipo de muestreo es intencional, donde el investigador selecciona intencionalmente los elementos que constituyen la muestra. Por lo tanto, la muestra estaría conformada por las brocas utilizadas en la perforación de frontenero, sostenimiento y cónico con los siguientes equipos: Jumbo 201, Jumbo 212, Bolter 202, Bolter 211 JackLeg S250 y Muky.

2.2.3. Temporalidad

La investigación será realizada con los datos históricos obtenidos desde agosto del 2021 hasta diciembre del 2022.

2.3. Estrategias de recolección de datos

Primero, se recolectó los datos históricos los aceros y brocas utilizadas en el sistema de perforación frontenero, sostenimiento y cónico aplicados en la unidad minera Orcopampa.

Segundo, con los datos recolectados, se desarrollaron los indicadores de rendimiento de brocas y aceros y costo del sistema de perforación.

Tercero, para validar la hipótesis: “Si se implementa la herramienta digital y taller de afilado, se podrá optimizar el consumo de brocas y sistema de perforación en la Unidad Minera Orcopampa. Se aplico un análisis de regresión lineal con el fin de conocer en cuanto influyen la cantidad de aceros y brocas utilizadas, en el rendimiento y costo del sistema de perforación. Posteriormente se comparó los resultados obtenidos, entre el antes y el después, de la implementación del taller de afilado y herramienta digital. Los modelos de regresión lineal utilizaos, fueron los siguientes.

Con/Sin la herramienta digital y taller de afilado:

- Rendimiento de brocas y aceros = $a + \beta N_{F,S,C} + e$
- Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_{F,S,C} + e$

Donde:

- a: Intercepción u ordenada al origen.
- β : Pendiente que indica el cambio de la variable dependiente cuando la independiente varia en una unidad.
- $N_{F,S,C}$: Brocas y aceros utilizados en la perforación frontenero, sostenimiento y cónico.

2.4. Alcance de la investigación

El presente estudio relacionará la optimización de brocas y sistema de perforación, con la implementación de una herramienta digital y un taller de afilado en la Unidad Minera Orcopampa, situada en la provincia de Castilla, departamento de Arequipa.

La investigación contempla únicamente el análisis de las brocas utilizadas en la perforación de frontenero, sostenimiento y cónico con los siguientes equipos: Jumbo 201, Jumbo 212, Bolter 202, Bolter 211 JackLeg S250 y Muky; contando con un registro de datos que va desde agosto del 2021 a diciembre del 2022.

2.5. Limitaciones de la investigación

La información, concerniente a los metros perforados y a los accesorios de perforación, se obtenía de forma manual y cerca al cierre de la valorización mensual, perdiendo un porcentaje de información por no ser recopilada de manera diaria (reporte diario de perforación), perdiendo un porcentaje de información ya que algunos operadores no completaban sus reportes de las actividades desarrolladas en el día realizado descontando la suma de esos taladros perforados en el rendimiento mensual el cual es de suma importancia.

El período de tiempo de recolección de la información comprende desde el mes de agosto del 2021 hasta diciembre del 2022.



CAPÍTULO III
SISTEMA DE PERFORACIÓN, TALLER DE
AFILADO Y HERRAMIENTA DIGITAL

3. Sistema de perforación, taller de afilado y herramienta digital

3.1. Taller de afilado de brocas

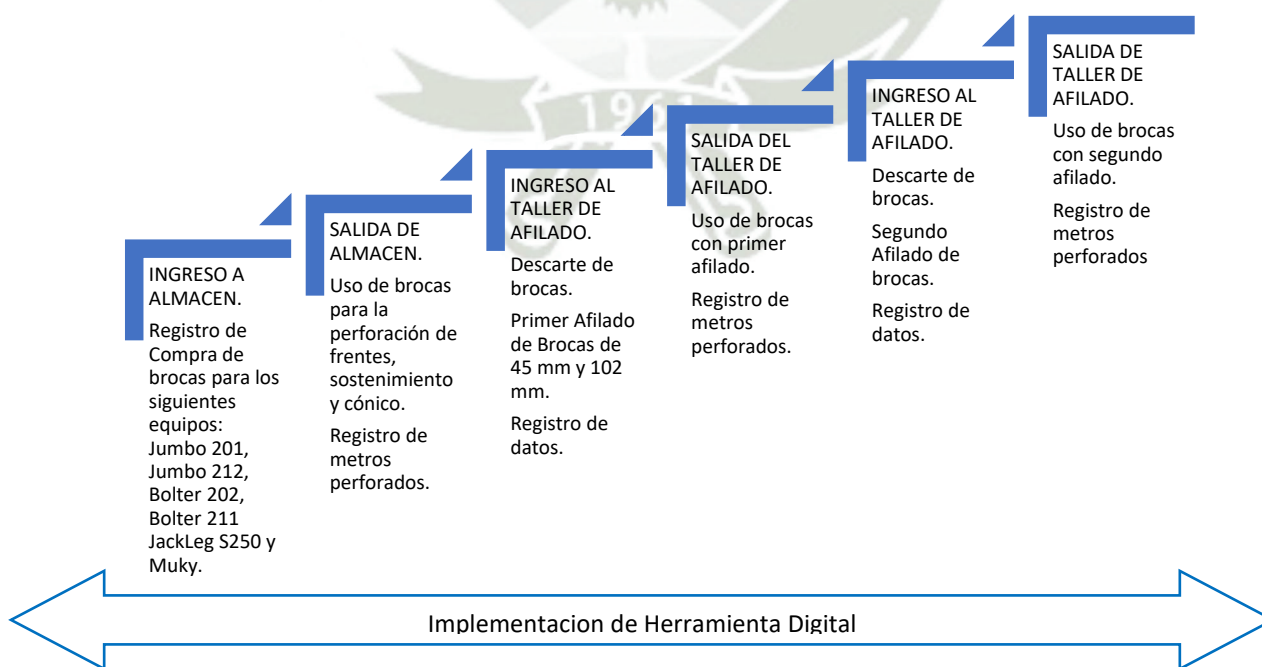
En la Figura 3, se observa la trazabilidad del uso de brocas en el sistema de perforación de frentes sostenimiento y cónico que se realiza en la unidad minera Orcopampa.

En cuanto al mantenimiento de las brocas, el diámetro de una broca nueva es de 45 mm y se afila varias veces, hasta alcanzar un diámetro de 42.5 mm, momento en el que es descartada, debido a que en la perforación de cada frente se utiliza tubos de PVC de 42 mm como una guía en la perforación de taladros, para mantener el alineamiento al momento de perforar; y si la broca tiene un diámetro menor al del tubo, este no podría ingresar al orificio perforado. Además, el diámetro de la barra de perforación es de 38 mm y se debe dejar 4 mm alrededor para un correcto barrido de detritos, por lo que, descartar las brocas en 42.5 mm es lo ideal. Adicionalmente, las brocas rimadoras de 102 mm se descartan cuando alcanzan un diámetro de 96 mm. Para medir los diámetros de los insertos y la broca, se utiliza el vernier.

Se entrega 4 brocas a cada perforista que utilizan para perforar 2 frentes según malla de perforación entre 38 y 45 taladros. La vida útil de cada broca es de 320 metros. Antes de llegar a cumplir la vida útil, cada broca debe ser afilada, este hecho influye en los demás aceros de perforación, debido a que, un correcto afilado dará como resultado una perforación eficiente.

Figura 3

Taller de Afilado en el sistema de perforación



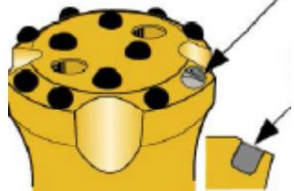

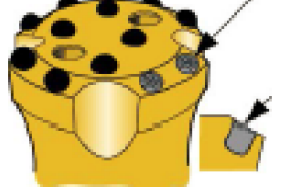


Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia

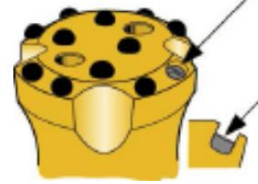
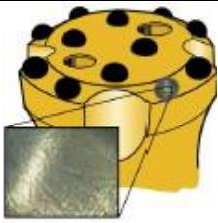





3.1.1. Criterio de descartes de brocas

En la Tabla 4, se expone los criterios que se tendrá en cuenta para descartar una broca:

Tabla 4

Criterios de descarte de brocas

<p>a) Desprendimientos de insertos a nivel del cuerpo de la broca (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>b) Insertos agrietados (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>c) Insertos destruidos bajo el nivel del cuerpo de la broca (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>d) Insertos picados (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>e) Insertos triturados dentro de la broca (mayor a 1 inserto).</p>	

<p>f) Rotura de insertos por debajo del cuerpo de la broca (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>g) Microfisuras o piel de serpiente en los insertos (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>h) Pérdida de insertos (mayor a 1 inserto).</p>	
<p>i) Rotura anular en el cuerpo de la broca.</p>	
<p>j) Rajadura en la parte inferior de los insertos.</p>	
<p>k) Grieta entre los insertos y agujeros de la broca.</p>	
<p>l) Rotura por rajadura en el borde de la broca.</p>	

Fuente: Tomado de Huatuco Sovero, (2019, pp. 27-29)

3.1.2. Taller de afilado de brocas

En la Tabla 5, se expone las pautas para brindar el servicio de afilado de brocas, que se realizará en el taller de afilado.

Tabla 5

Servicio de afilado de brocas

<p>Antes de llegar al límite de desgaste.</p> <p>Las brocas deben afilarse cuando los botones hallan alcanzado un desgaste de 1/3 del diámetro.</p>	<p>1/3 button dia. 1/2 button dia. Volume V1 Volume 2,2 x V1</p>
<p>Cuando la velocidad de penetración disminuya.</p> <p>Perforar con una broca muy desgastada o sin rotación causará una gran fuerza de compresión viajando de vuelta por la sarta. A diferencia de una fuerza de tensión, la fuerza compresiva pasará a través de las uniones, lo que implica que se transmitirá al martillo y a la máquina perforadora.</p>	<p>Fuerza compresiva Fuerza compresiva</p>

Antes de que ocurra una rotura del inserto prematuramente.

Definir el intervalo de afilado para cada tipo de roca.

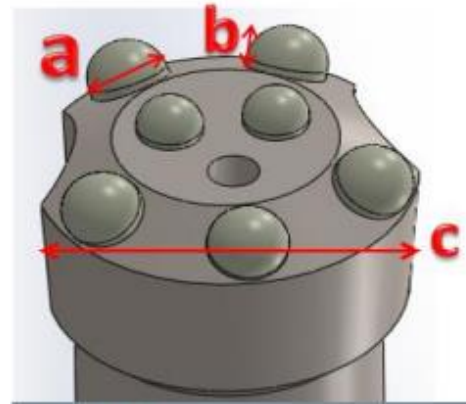
Considerar la altura de los insertos, la altura de los insertos es la mitad del diámetro de la medida original (inserto de 10mm = 5mm. Altura).

Descarta la broca cuando tenga una altura de 2.5mm. (para tener un barrido correcto y no disminuir la velocidad de penetración).

a = diámetro de inserto.

b = altura de inserto

c = diámetro de la broca



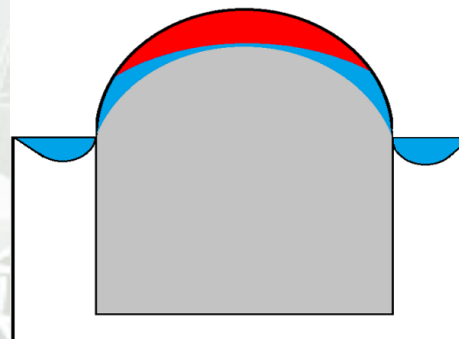
Afilar Correctamente los Insertos.

En lo posible los insertos se deben gastar durante la perforación, mas no en el afilado.

En el proceso de afilado el inserto debe gastarse lo mínimo posible, para no reducir la vida útil de la broca.

Se debe evitar eliminar demasiado el carburo cementado.

■ DESGASTE EN LA PERFORACIÓN.
■ DESGASTE EN EL AFILADO.



Cuando las brocas son nuevas y aún tienen una o dos afiladas, es recomendable afilarlas manualmente, para no ocasionar desgaste excesivo de los insertos afectando la vida útil de la broca.

No todas las brocas se gastan igual durante la perforación, por ello es recomendable hacer una selección de brocas con poco desgaste y brocas con excesivo desgaste, para el afilado con el equipo adecuado



Fuente: Tomado de Torres Fidel, (2022) y Sinche G., (2022)

3.1.3. Máquina empleada para el afilado

Para realizar nuestro trabajo de afilar las brocas y así seguir utilizándolos, empleamos las siguientes máquinas afiladora: AFILADORA VS 220 HP DP.

Tabla 6 Características técnicas maquina afiladora

	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad del eje: 22 000 rpm • Motor: Air powered • Potencia de salida: 1.8 KW (2.4 Hp) • Presión neumática de trabajo 7-8 bar (100-115 psi) • Consumo de aire: 2.2 m³ /min (78 ft³ /min) • Diámetro de la manguera de aire: 19 mm (0.75") • Diámetro de la manguera de agua: 6 mm (0.25") • Presión de agua/refrigerante: 4 bar (60 psi) • Peso excl. Embalaje: 2.6 kg (5.7 lbs) • Peso incl. Embalaje: 3.5 kg (7.7 lbs) • Dimensiones para el transporte: 460 x 250 x 200 mm • Nivel de sonido: 92 dB(A) o 82 dB(A) con manguera silenciadora
---	---

- | | |
|--|---|
| | • Nivel de vibración: $< 2.5 \text{ m/s}^2$ |
|--|---|

Fuente: Tomado de Fabricante de equipos de afilado de brocas CME (s.f.)

3.1.4. Procedimiento para tener un buen afilado

Según Huatuco (2019), en el procedimiento de afilado de brocas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

a) Antes del afilado:

- Identificar peligros, evaluar riesgos y aplicar controles (IPERC) en las tareas a realizar.
- Verificar el buen estado de los EPP, equipos, herramientas y materiales a utilizar.
- Verificar el suministro de aire (6 bares) en el manómetro del equipo y corriente eléctrica (440v) a la aguzadora semiautomática BQ3.
- Abrir la válvula de aire hasta la mitad haciendo que purgue el aire para evitar la presencia e ingreso de agua a la aguzadora semiautomática BQ3.
- Clasificar las brocas en orden y de acuerdo a su desgaste, luego proceder a designarles muelas de aguzado.
- Abrir en su totalidad la válvula de aire y activar el interruptor de energía eléctrica.

b) Durante el afilado:

- Posicionar el bit holder con el ángulo adecuado para afilar los insertos periféricos de acuerdo al tipo de broca de acuerdo al manual.
- Colocar la broca devastada previamente sobre el indexing template para realizar el aguzado.
- Colocar la muela de aguzado correspondiente, según el tipo de broca, para realizar el aguzado.
- Centralizar el inserto de la broca a aguzar con el brazo centralizador de botones.
- Iniciar el aguzado activando el botón de giro de plato y luego el de giro de muela de aguzado para que se posicione sobre el inserto.
- Observar hasta que concluya el aguzado del inserto y desactivar ambos botones (giro de plato y giro de muela).
- Retirar la broca y colocar el plato en un ángulo de 90° para aguzar los insertos centrales.

- Colocar la muela de aguzado correspondiente al tipo de inserto a aguzar.
- Realizar el mismo procedimiento de aguzado para los insertos centrales.
- Luego de culminar con el aguzado de los insertos centrales, retirar la broca.

c) Después del afilado:

- Retirar las copas de aguzado o devastado del Mandrill.
- Cerrar válvula de aire.
- Realizar la limpieza respectiva de la máquina aguzadora HG.
- Realizar orden y limpieza en su zona de trabajo. (pp. 44-47)

3.1.5. Consideraciones para un buen afilado

Según Huatuco (2019), para conseguir un afilado de calidad, se debe tener en cuenta lo siguiente:

a) El ángulo de afilado. nos ayudara a rectificar el efecto contra-cono, ya que el tamaño de los insertos de carburo debe mantener una holgura de 0.5 mm en relación al cuerpo de la broca.

Tabla 7

Angulo de afilado de brocas

Equipo	Diámetro de broca	Angulo de afilado
JUMBO	51 mm	35°
	102 mm	35°
EMPERNADOR	38 mm	30°

Fuente: Huatuco Sovero (2019)

b) Refrigeración. Se debe de utilizar el agua como refrigeración para así poder evitar el desgaste prematuro de los componentes para el afilado, evitar también el polvo metálico para prevenir alguna enfermedad ocupacional, y el recalentamiento de la broca y de la máquina afiladora. Al no utilizar la refrigeración adecuada (agua) estaremos expuesto al desgaste prematuro de los insertos de la broca, copa de afilado o muelas de afilado.

Figura 4

Refrigeración para el afilado (agua)



Fuente: Huatuco Sovero (2019)

Figura 5

Desgaste prematuro de la muela (afilado sin agua)



Fuente: Huatuco Sovero (2019)

c) Centralización de la muela con el inserto. Se debe de centralizar correctamente la muela con el inserto de la broca para poder evitar la deformación de los insertos y un desgaste inapropiado de la muela de afilado, esto llevara a generar deficiencia al realizar la perforación.

Figura 6

Centralización de la broca



Fuente: Huatuco Sovero (2019)

Figura 7

Deformación del inserto por centralización incorrecto



Fuente: Huatuco Sovero (2019)

Figura 8

Correcta centralización



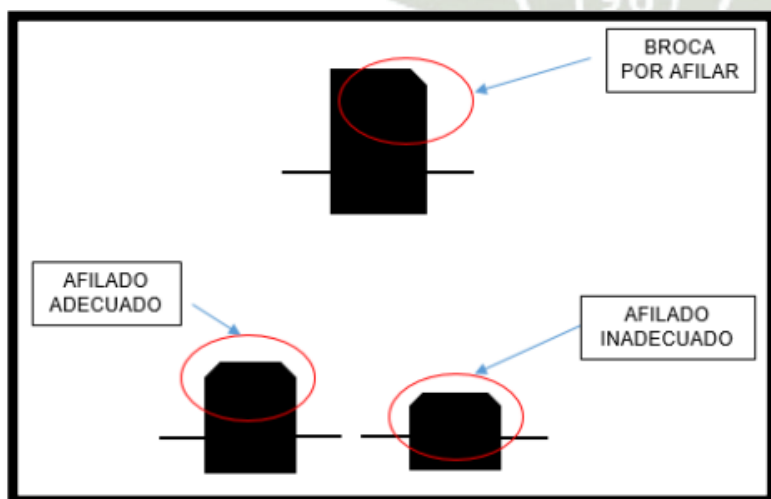
Fuente: Huatuco Sovero (2019)

d) Fuerza de afilado ejercida en el inserto

Se debe de mantener una fuerza constante del brazo generando un adecuado afilado del inserto, debido a que al generar demasiada fuerza se tendrá el problema de desgaste inapropiado del inserto de carburo. (pp. 47-51)

Figura 9

Achatamiento del inserto por demasiada fuerza



Fuente: Huatuco Sovero (2019)

3.1.6. Razones para afilar una broca

Según Huatuco (2019), las razones por las que deben afilarse las brocas son:

- Prevenir daños adicionales en la broca.
- Aumentar la vida útil de la broca y de toda la línea de varillaje.
- Aumentar la velocidad de penetración promedio durante la vida útil de la broca.
- Para cuidar los componentes de la perforadora.
- Para reducir el riesgo de daño en los botones (insertos).
- Incremento de la productividad.
- Disminución del consumo de aceros de perforación.
- Menor desviación de los taladros
- Mayor eficiencia de perforación. (p.51)

3.1.7. Señales de un buen afilado

Según Huatuco (2019), para un buen afilado, se deja a todos los insertos (periféricos y centrales) de la broca casi en su estado esférico o balístico como cuando era nueva, para obtener una buena penetración de roca y una adecuada vida útil de todos los componentes de la perforadora. El buen afilado se da cuando:

- Cuando no hubo la reducción del tamaño del inserto (achatamiento).
- Cuando los insertos mantienen su misma forma (balístico o esférico).
- Cuando tienen el efecto contra-cono.
- Cuando no existe piel de serpiente. (p.52)

Figura 10*Mal y Buen afilado de broca*

Fuente: Huatuco Sovero (2019)

3.1.8. Vida útil (rendimiento) de las brocas, antes y después del afilado

La vida útil de las brocas que son afiladas, es decir las de 45 mm era aproximadamente de 320 metros y con el afilado de brocas se observa que el rendimiento de las mismas se incrementó la eficiencia en más de 25%.

La vida útil de las brocas que son afiladas, es decir las de 102 mm era aproximadamente de 300 metros y con el afilado de brocas, se incrementó la eficiencia en más de 25%.

3.1.9. Seguimiento de los equipos de perforación

Según Huatuco (2019), el procedimiento para realizar una correcta asistencia técnica a los equipos de perforación es el siguiente:

- El personal deberá recibir la capacitación de 5 minutos y su orden de trabajo para poder ingresar a interior mina.
- El personal deberá verificar que cuente con los EPPS apropiados para realizar la asistencia técnica en interior mina.
- Adicional a esto el personal deberá llevar el Tacómetro y Pirómetro para realizar la toma de datos tanto de RPM, así como de Temperatura en las uniones roscadas, no olvidar llevar el formato de Asistencia Técnica, así como el Acta de Capacitaciones.
- El personal deberá inspeccionar la labor desde su ingreso, observando las condiciones del techo y hastiales, ubicación del equipo.

- Una vez llegado a la señalización de bloqueo, solicitar el ingreso al Operador o ayudante.
- Acto seguido verificar que no haya inducción en el equipo, acercarse y coordinar con el Operador lo que se va a realizar.
- Para no interrumpir la labor del Operador, si está perforando se tomarán las presiones de trabajo observando los manómetros en el tablero y se tomara la temperatura en las uniones roscadas de la columna de perforación. 100
- Acto seguido y ya habiendo terminado el taladro de perforación, se coordina con el operador para realizar la medición de RPM mientras se está entubando el taladro.
- Luego de verificar las RPM, se coordina con el operador para verificar el estado de los aceros de perforación, tanto el shank como las barras y brocas que hay en el equipo. Adicional a ello se verifica el estado del dowell, alineamiento de los Brazos transportadores de barras, estado de la viga, estado de centralizador del shank, lubricación de la perforadora.
- Mientras el operador continúa perforando se realiza la toma de tiempos de perforación (tiempo de penetración, tiempo promedio de perforación por taladro). Además, se deberá detectar el tipo de terreno que se perfora tanto en abrasividad, dureza y la presencia de fracturas.
- En plena perforación también se podrá detectar las fugas que pueda presentar el equipo, se podrá observar la condición de los acumuladores (si estos presentan excesiva vibración en sus mangueras hidráulicas es señal de que estén descargados).
- Durante la perforación se podrá también observar el posicionamiento, emboquillado y desplazamiento.
- Ya para finalizar nuestra asistencia al equipo, se realiza la capacitación al personal en la labor haciendo les firmar el Acta de Capacitación.
- Al terminar la asistencia, se hace la verificación de que los documentos estén correctamente llenados y firmados, se hace la limpieza de los instrumentos de medición, se le comunica al operador que ya se ha terminado la asistencia y se procede a retirar de la labor. (pp. 99,100)

3.1.10. Vales orden de materiales

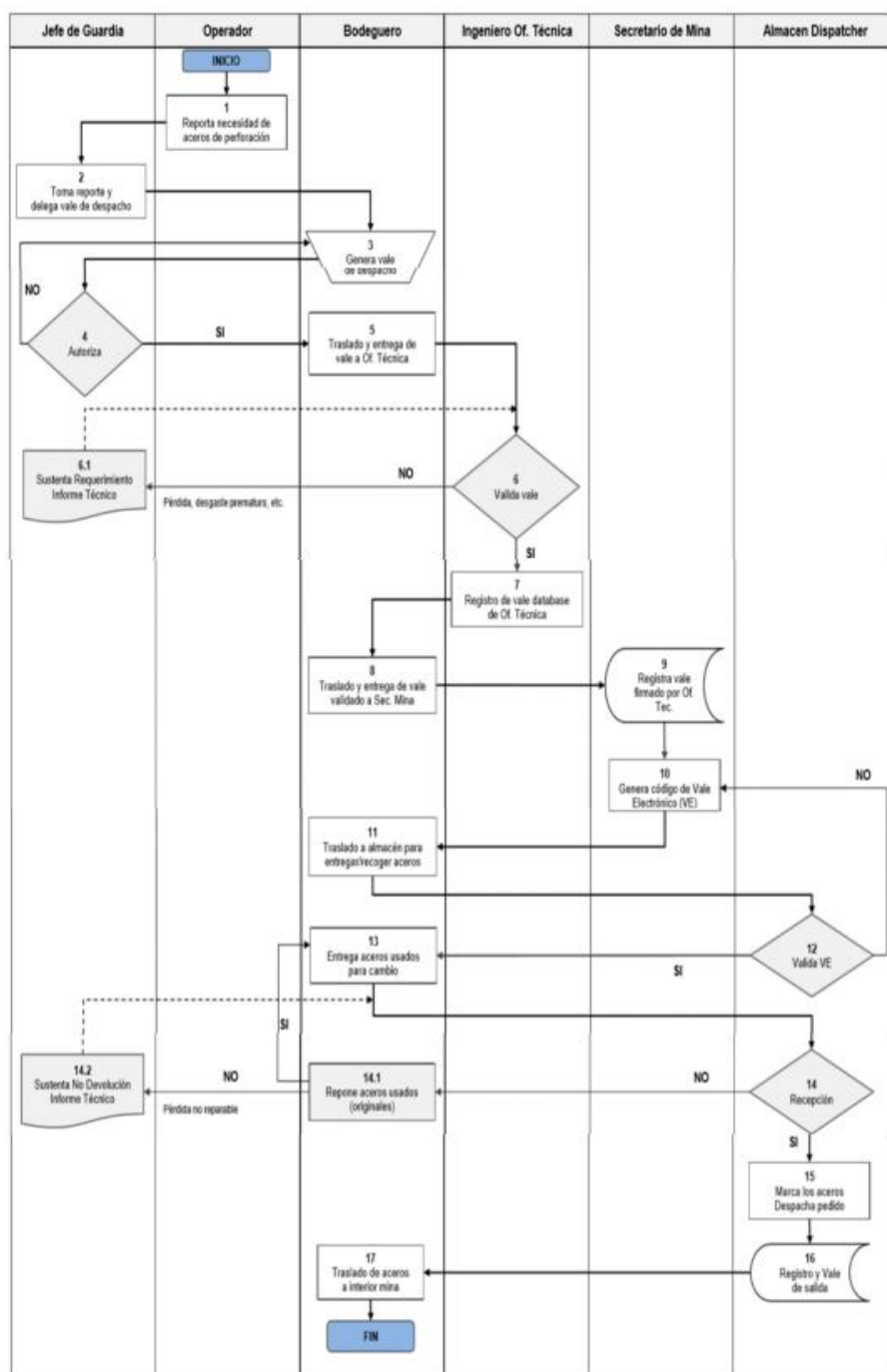
En Orcopampa el almacén y reparto de aceros de perforación lo realiza el personal de BoartLongyear quien no contaba anteriormente con vales detallados sobre la salida de aceros, solo anotaba cuantos accesorios se entregaban durante el día, desde la implementación del control se añadieron vales de salida donde indica aquí parte el control de aceros de perforación, en dicho vales tiene que especificar para que equipo va sacar los aceros, labor, fecha, zona, nivel, cantidad y que tipo de acero y el centro de costos los cuales nos van a ayudar tener un mayor control de dichos aceros. se implantó que los vales debieran de tener además las firmas de Jefe de Zona, Superintendencia de Mina y con ellos también se implementó el flujograma de atención de orden de materiales lo cual se les presentó a Gerencia de Operaciones, desde allí se viene cumpliendo con estos controles con el respaldo de cada una de las áreas involucradas

3.1.11. Cuadro de flujograma de control de aceros de perforación

Para el control de aceros de perforación, se consideró lo descrito por Ortiz (2019), en tal sentido, el control de aceros de perforación empieza desde que el bodeguero de cada zona solicita los aceros para cada equipo, ellos solicitan de acuerdo al requerimiento, todo ellos parte desde la necesidad de las operaciones por cumplir los avances, metros perforados y sostenimiento, cada bodeguero maneja vales de orden de materiales, mediante estos vales ellos solicitan los aceros los cuales deben estar visados por cada jefatura con sus respectivas firmas a quien corresponda, desde aquí parte el control de aceros de perforación, en dicho vales tiene que especificar para que equipo va sacar los aceros, labor, fecha, zona, nivel, cantidad y que tipo de acero y el centro de costos los cuales nos van a ayudar tener un mayor control de dichos aceros. Anteriormente se manejaba estos vales hasta nivel de jefe de guardia, a partir de la investigación se implantó que los vales debieran de tener además las firmas de Jefe de Zona, Superintendencia de Mina y con ellos también se implementó el flujograma de atención de orden de materiales lo cual se les presentó a Gerencia de Operaciones, desde allí se viene cumpliendo con estos controles con el respaldo de cada una de las áreas involucradas (p.49)

Figura 11

Flujograma control de aceros de perforación



Fuente: Tomado de Ortiz (2019)

3.1.12. Base de control de aceros

La Compañía Minera Orcopampa utilizaba un control manual del consumo de brocas para el sistema de perforación, y para optimizar el sistema de perforación y consumo de brocas, implementó una herramienta digital excel donde se traspasó la información desde el mes de agosto del 2021 a marzo del 2022, donde en los dos últimos meses, se ha visualizado la mejora en el sistema de perforación y consumo de brocas, al implementar el taller de afilado y la herramienta digital de excel para un mejor control de los aceros utilizados.

Antes solo se manejaba una base de control simple donde indicaba la cantidad de aceros que solicitaban al día, desde la implementación de la herramienta digital excel, se mejoró ese control con modificaciones conforme por 3 hojas, 1 para indicar las entradas de material por fecha, 1 hoja para dar salida y acumular la información y otra hoja para obtener el stock actual y así poder identificar que accesorios de aceros y repuestos son necesarios solicitar con anticipación.

Adicionalmente, se implementó otro archivo de excel donde se registra por equipo el metraje de cada turno, nombre de operador, labor a perforar, numero de taladros y longitud, obteniendo así la cantidad de metros perforados, se utiliza el archivo de inventario para colocar la fecha donde se realizó el cambio de los aceros. En la quinta hoja se acumula toda la información mediante una macro, y en las siguientes hojas se acumula la información por periodos para la valorización mensual. Detallando cuantos cambios se realizó, el metraje de cada cambio y la eficiencia. Con todo lo mencionado se empieza el control de los aceros de perforación

Figura 12

Herramienta digital excel del Inventario de aceros de perforación

CODIGO DEL PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	perforación	ENTRADAS TOTALES	SALIDAS TOTALES	STOCK	COSTO UNITARIO	IMPORTE INVENTARIADO
050122	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C8/2C7 2F1G	JACKLEG	0	0	0	\$0.00	\$-
050145	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G	JACKLEG	0	0	0	\$21.63	\$-
950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N	JACKLEG	926	249	677	\$21.63	\$5,385.87
50146	BIT BTN PO 041 22x11* BF5P9/2P8 2F1G	JACKLEG	40	17	23	\$22.71	\$386.07
111100	BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G	JUMBO	199	30	169	\$49.47	\$1,484.10
111109	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G	BOLTER	126	60	66	\$46.10	\$2,766.00
220547	ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C	JUMBO	19	7	12	\$409.31	\$2,865.17
220603	ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C	BOLTER	28	11	17	\$225.09	\$2,475.99
250160	ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C	JACKLEG	28	11	17	\$64.64	\$711.04
250161	ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C	JACKLEG	52	17	35	\$18.59	\$1,387.03
250162	ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C	JACKLEG	43	15	28	\$97.02	\$1,455.30
250183	ROD CLR TPR 0610 22H 108X11* C	JACKLEG	7	1	6	\$51.89	\$51.89
350002	COUPLING HM38 S/B 055 191	JUMBO	30	7	23	\$46.17	\$323.19
450851	SHK SVK HLX5 HM38 045/500	JUMBO	26	7	19	\$212.50	\$1,487.50
450862	SHK MON HC50 R32F 045/270	BOLTER	23	8	15	\$137.30	\$1,098.40
990084	RIMADORA	JUMBO	15	4	11	\$238.64	\$954.56
5600011	NUT, CHUCK S250	JACKLEG	12	1	11	\$33.36	\$33.36
5600027	PAWL, RATCHET REVERSIBLE CARB S250	JACKLEG	94	36	58	\$2.78	\$100.08
5600037	PISTON, S250 NO PHOS	JACKLEG	6	1	5	\$110.30	\$110.30
5600038	BAR, RIFLE NO PHOS	JACKLEG	9	1	8	\$157.08	\$157.08

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 13

Hoja de excel de las entradas del Inventario de aceros de perforación

COD. DEL PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	PERFORACION	CANTIDAD	FEBRERO	23-Feb	5-Mar	10-Mar	17-Mar	stock Marzo
050122	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C8/2C7 2F1G	JACKLEG	0	0	0	0	0	0	0
050145	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G	JACKLEG	0	0	0	0	0	0	0
950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N	JACKLEG	926	576	350				350
50146	BIT BTN PO 041 22x11* BF5P9/2P8 2F1G	JACKLEG	40	40					40
111100	BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G	JUMBO	199	199					199
111109	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G	BOLTER	126	76	50				50
220547	ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C	JUMBO	19	9	10				10
220603	ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C	BOLTER	28	22	6				6
250160	ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C	JACKLEG	28	20	8				8
250161	ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C	JACKLEG	52	40	12				12
250162	ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C	JACKLEG	43	31	12				12
250183	ROD CLR TPR 0610 22H 108X11* C	JACKLEG	7	7					7
350002	COUPLING HM38 S/B 055 191	JUMBO	30	9	0	6	10	5	0
450851	SHK SVK HLX5 HM38 045/500	JUMBO	26	1	10	8	7	0	0
450862	SHK MON HC50 R32F 045/270	BOLTER	23	13	10				10
990084	RIMADORA	JUMBO	15	9	6				6
5600011	NUT, CHUCK S250	JACKLEG	12	12					12
5600027	PAWL, RATCHET REVERSIBLE CARB S250	JACKLEG	94	44	50				44
5600037	PISTON, S250 NO PHOS	JACKLEG	6	6					6
5600038	BAR, RIFLE NO PHOS	JACKLEG	9	9					9
5600063	STEEL RETAINER, 22MM	JACKLEG	2	2					2
5600224	O-RING DE PIVOTE	JACKLEG	44	44					44
5601262	WASHER, SPINDLE LOCK	JACKLEG	7	7					7
5601402	PLUNGER, PLASTIC	JACKLEG	20	20					20
5601631	SIDE ROD, JACKLEG	JACKLEG	8	8					8
5601633	HANDY F THD PTFE JACKLEFF	JACKLEFF	4	4					4

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 14

Hoja de excel de las salidas del Inventario de aceros de perforación

N FACTURA	MES	FECHA	DÍA	SEMANA	TURNO	OPERADOR	EQUIPO	LABOR	ESTADO	CODIGO	DESCRIPCIÓN	LOTE	CANTIDA	P
003233	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	DIA	RENE HUAMANI	TJ 875	17	SALIDA-PPM	950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/C7 2F1G N	JACKLEG	2	
003234	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	DIA	ROBERTO MAMANI	J212		SALIDA-PPM	111100	BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G	JUMBO	2	
003235	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	DIA	VALERIO CHIPFA	TJ 814-4	10	SALIDA-PPM	950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/C7 2F1G N	JACKLEG	2	
003236	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	ALEX MERMA	J212		SALIDA-PPM	111100	BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G	JUMBO	1	
003237	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	EDGAR RODRIGUEZ	B202		SALIDA-PPM	111109	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 2F2G	BOLTER	1	
003238	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	LUIS VILCAPE	TJ 875		SALIDA-PPM	950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/C7 2F1G N	JACKLEG	2	
003239	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	WILFREDO CUEVA	TJ 814-4	10	SALIDA-PPM	950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/C7 2F1G N	JACKLEG	2	
003240	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	ARTURO BRAVE	TJ 924	7	SALIDA-PPM	950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/C7 2F1G N	JACKLEG	2	
003242	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	EDY CHURA	B202		SALIDA-PPM	111109	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 2F2G	BOLTER	1	
003243	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MARIO GAHUA	MUKY		SALIDA-PPM	111109	BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 2F2G	BOLTER	1	
003244	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	ESTEBAN TORRES	800-1	18	SALIDA-PPM	950264	BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/C7 2F1G N	JACKLEG	2	
003245	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	RONALD LLASA	J201		SALIDA-PPM	450851	SHK SVK HLX5 HM38 045/500	JUMBO	0	
003245	MARZO	25/02/2022	viernes	SEM 1	NOCHE	RONALD LLASA	J201		SALIDA-PPM	350002	COUPLING HM38 S/B 055 191	JUMBO	0	
003245	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	NOCHE	RONALD LLASA	J201		SALIDA-PPM	220547	ROD TUN M/M 4300 DM35 SH HM38 C	JUMBO	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5609282	CHUCK INSERT, 22MM	JACKLEG	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5609162	RIFLE NUT S250	JACKLEG	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5602272	SPRING, PAWL	JACKLEG	4	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5601680	HAT PACKING DUAL LIP	JACKLEG	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5604000	SEAL JACKLEG BUCKET SOFT	JACKLEG	2	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5601866	SEAL, WATER TUBE	JACKLEG	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5600224	O-RING DE PIVOTE	JACKLEG	2	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5605079	FILTER, CONICAL	JACKLEG	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5602118	WATER TUBE	JACKLEG	1	
003246	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	MANTTO	JACK LEG 07		SALIDA-CONSIG	5603792	O-RING DE BARRA	JACKLEG	1	
003247	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	ROBERTO MAMANI	J212		SALIDA-PPM	450851	SHK SVK HLX5 HM38 045/500	JUMBO	1	
003247	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	DIA	ROBERTO MAMANI	J212		SALIDA-PPM	350002	COUPLING HM38 S/B 055 191	JUMBO	1	
003247	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	NOCHE	ROBERTO MAMANI	J212		SALIDA-PPM	220547	ROD TUN M/M 4300 DM35 SH HM38 C	JUMBO	1	
003248	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	NOCHE	EDGAR RODRIGUEZ	B202		SALIDA-PPM	450862	SHK MCH H250 R32F 045/270	BOLTER	1	
003248	MARZO	26/02/2022	sábado	SEM 1	NOCHE	EDGAR RODRIGUEZ	B202		SALIDA-PPM	336593	ROD TUN M/M 4300 DM35 SH HM38 C	BOLTER	1	

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 15

Hoja de excel del Inventario de aceros de perforación con el equipo Jack Leg

CANT BROCAS			CANT BARRA 4 PIES			CANT BARRA 6 PIES		
CODIGO	(Varios elementos)	FECHA	CODIGO	250160	FECHA	CODIGO	250161	FECHA
Etiquetas de fila	Suma de CANTIDAD		Etiquetas de fila	Suma de CANTIDAD		Etiquetas de fila	Suma de CANTIDAD	
ARTURO BRAVE	7		EFRAIN VILCARANA	1		ARTURO BRAVE	1	
BENITO SACSI	10		711	1		1106	1	
CRISOSTOMO CONDORCAHUANA	6		JUAM POMA	1		EFRAIN VILCARANA	1	
DEMETRIO CASTRO	2		800-3	1		711	1	
EDGAR AUCAHUAQUI	3		SOZIMO CHICAHUA	1		ROSENDO HUAMANI	1	
EDWART HUAMANI	7		BP 992	1		TJ 924	1	
EDWIN CCAMA	5		JUAN POMA	1		JUAN POMA	1	
EDWIN QUINTA	7		814-4 R4	1		800-3	1	
EDWIN QUINTANA	3		GABRIEL CAPIRA	1		SOZIMO CHICAHUA	1	
EFRAIN VILCARANA	6		875	1		TJ 381	1	
ESTEBAN QUINTANA	5		LUIS ARQUE	1		LUIS ARQUE	4	
ESTEBAN TORRES	5		TJ 814-8	1		381	1	
FREDY HUAMANI	10		HENRY RAMOS	2		TJ 516-6	1	
HENRY CHIRI	8		TJ 924	1		TJ 800-1	1	
HIPOLITO QUISPE	2		1106	1		TJ 814-8	1	
JHON CALIZAYA	11		Total general	8		RENATO SALHUA	1	
JUAN GONZALEZ	11					814-A.MU	1	

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 16

Base de aceros de perforación con el equipo J201

FECHA	DIA/SE	TURNO	SEMA	OPERADOR	EQUIP	PERFORAC	PO DE TIRA	LABOR	N° TALAD	LONGITU	PIES PEI	METROS PERFOR	TRIN	ES RIN	METROS RIMADO	ESTAD	SHANK	COUPLI	BARRA	RIMADO
9-Abr-22	sábado	NOCHE	SEM 1	FREDY AQUIMA	J201	JUMBO	FRENTE	RP 711	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
11-Abr-22	lunes	DIA	SEM 1	FREDY AQUIMA	J201	JUMBO	FRENTE	VTN 1160	35	13	455	138.68	5	65	19.81	PPM				
11-Abr-22	lunes	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	SN 381	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
12-Abr-22	martes	NOCHE	SEM 1	FREDY AQUIMA	J201	JUMBO	FRENTE	RP 711 (+)	38	12	456	138.99	5	60	18.29	PPM				
12-Abr-22	martes	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	SN 710	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
13-Abr-22	miércoles	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	SN 800-24	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
13-Abr-22	miércoles	DIA	SEM 1	FREDY AQUIMA	J201	JUMBO	FRENTE	RP 711	38	13	494	150.57	4	52	15.85	PPM				
13-Abr-22	miércoles	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	POLVORIN	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM	Cambio	Cambio		
13-Abr-22	miércoles	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	RP 691	5	13	65	19.81	0	0	0.00	PPM				
14-Abr-22	jueves	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 691	45	13	585	178.31	5	65	19.81	PPM				
14-Abr-22	jueves	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 214.4	3	13	39	11.89	5	65	19.81	PPM				
14-Abr-22	jueves	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	VTN 814-3	45	13	585	178.31	5	65	19.81	PPM				
14-Abr-22	jueves	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 910	10	13	130	39.62	0	0	0.00	PPM				
14-Abr-22	jueves	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	TJ 711	12	13	156	47.55	0	0	0.00	PPM				
15-Abr-22	viernes	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 814-2	45	13	585	178.31	5	65	19.81	PPM				
15-Abr-22	viernes	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 910	10	13	130	39.62	0	0	0.00	PPM				
15-Abr-22	viernes	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	RP 691	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
15-Abr-22	viernes	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	POLVORIN	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
16-Abr-22	sábado	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 710	45	13	585	178.31	5	65	19.81	PPM				
16-Abr-22	sábado	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 711	45	13	585	178.31	5	65	19.81	PPM				
16-Abr-22	sábado	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	TJ 711	19	13	247	75.29	0	0	0.00	PPM				
16-Abr-22	sábado	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	CX 824	38	13	494	150.57	5	65	19.81	PPM				
16-Abr-22	sábado	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	RP 710	38	10	380	115.82	5	50	15.24	PPM				
17-Abr-22	domingo	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	RP 814-2	8	13	104	31.70	0	0	0.00	PPM				
17-Abr-22	domingo	DIA	SEM 1	OSCAR ALI	J201	JUMBO	FRENTE	CX 814-3	45	13	585	178.31	5	65	19.81	PPM				
17-Abr-22	domingo	NOCHE	SEM 1	SANTOS CHACON	J201	JUMBO	FRENTE	RP 910	36	10	360	109.73	5	50	15.24	PPM				

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 17

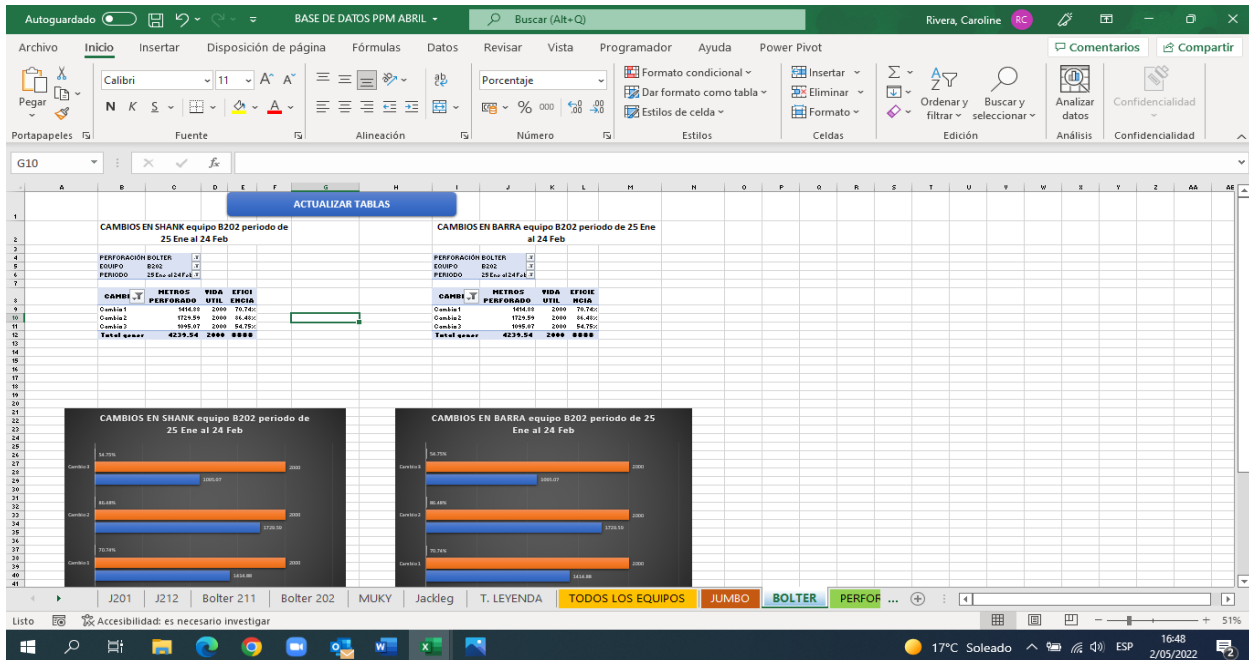
Base de aceros de perforación con todos los equipos

FECHA	DIA/SEM	TURNO	SEMANA	OPERADOR	EQUIPO	PERFORACI	PIES RIMAD	METROS RIMAD	ESTADO	SHANK	COUPLI	BARRA	RIMADO	Camb
14-Feb-22	lunes	NOCHE	SEM 2	LUCIR TACO	J212	JUMBO	65	19.81	PPM					Camb
15-Feb-22	martes	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM					Camb
15-Feb-22	martes	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	60	18.29	PPM					Camb
15-Feb-22	martes	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM					Camb
16-Feb-22	miércoles	DIA	SEM 2	LUCIR TACO	J212	JUMBO	65	19.81	PPM					Camb
16-Feb-22	miércoles	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	65	19.81	PPM	Cambio	Cambio		Cambio	Camb
16-Feb-22	miércoles	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM					Camb
16-Feb-22	miércoles	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM					Camb
16-Feb-22	miércoles	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM					Camb
17-Feb-22	jueves	DIA	SEM 2	LUCIR TACO	J212	JUMBO	48	14.63	PPM					Camb
17-Feb-22	jueves	DIA	SEM 2	LUCIR TACO	J212	JUMBO	65	19.81	PPM					Camb
17-Feb-22	jueves	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	65	19.81	PPM					Camb
17-Feb-22	jueves	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM					Camb
18-Feb-22	viernes	DIA	SEM 2	LUCIR TACO	J212	JUMBO	65	19.81	PPM					Camb
18-Feb-22	viernes	DIA	SEM 2	LUCIR TACO	J212	JUMBO	65	19.81	PPM					Camb
18-Feb-22	viernes	NOCHE	SEM 2	OBERTO MAMAN	J212	JUMBO	0	0.00	PPM				Cambio	Camb

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 18

Base de aceros de perforación con el equipo Bolter



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.1.13. Reporte de operadores de equipos de perforación

Los reportes de los operados ayudan a controlar los aceros de perforación, en los reportes se encuentran el equipo, número de taladros, longitud de taladros y las observaciones que hace el mismo operador. Esta información digitalizada a diario para luego ser procesada en la herramienta digital de excel y así poder hacer el cruce de los metros perforados, fecha y vida útil de los aceros, no se da aceros a ningún bodeguero si los aceros no cumplen su vida útil. En los reportes también se indica observaciones correspondientes a las dificultades que el operador tiene a la hora de perforar, (terreno con falla, estado del equipo, etc), para poder identificar el problema y darle solución. Se realiza un seguimiento a todos los reportes de Operaciones para contrastar la información que hay en ella con campo, lo que no se hacía anteriormente. (Ortiz, 2019, p.57)

Figura 19
Reporte de operadores

INCIMMET **REPORTE DE EQUIPO DE SOSTENIMIENTO**

U.P. OROPAMPÁ
 FECHA: 15/04/22
 TURNO: D.a
 CODIGO EQUIPO: B-211
 LONG. BARRA (pies): 8
 OPERADOR: Santos Houtalvo

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN
 HORIMETRO: INICIAL 4840, FINAL 4851.3
 MOTOR DIESEL: PERCUSIÓN 1 498.6, PERCUSIÓN 2 351, COMPRESOR 1807.6

DIAMETRO BROCA RIMADORA: 3.8
 DIAMETRO BROCA PERFORACIÓN: 3.5x3.5
 AYUDANTE: D 8'

ITEM	INICIO	FINAL	CODIGO	NIVEL	LABOR	SECCION	MATERIAL (M/D)	LONG. PERFO (PIES)	TIPO DE PERFO	MALLA INSTALADA (PIES/PI)	OBSERVACIONES
1	8:30	8:45	200								
2	8:30	9:00	205								
3	9:00	9:10	303								
4	9:10	9:30	314								
5	9:30	10:00	307		814-2	3.5x3.5	D	8'	32	20 mts ²	
6	10:00	10:50	107		camara						
7	11:00	12:00	301								
8	12:00	1:00	203								
9	1:00	1:10	303								
10	1:10	2:30	107		Rp 4A	4.5x4.5	D	8'	21	40 mts ²	
11	2:30	2:45	198								
12	2:45	3:00	301								
13	3:00	4:00	314		Dobla camara	3.5x3.5	D	8'	04	20 mts ²	
14	4:00	4:10	303								
15	4:10	4:30	107		814-3						

OBSERVACIONES:

OPERADOR: Santos Houtalvo
 SUPERVISOR TECNICO: [Firma]
 JEFE DE GUARDIA INCIMMET: [Firma]
 JEFE DE GUARDIA CMBSAA: [Firma]

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Figura 20
Check list de perforadora y reporte de pies perforados

BOART LONGYEAR **CHECK LIST DE PERFORADORA NEUMÁTICA Y REPORTE DE PIES PERFORADO**

EMPRESA: INCIMMET
 FECHA: 15-04-22
 LABOR: 814-12
 N° DE MAQUINA: 43

PERFORISTA: Pineda, Rivera, Hernandez
 TURNO: 5

SOSTENIMIENTO	BARRA DE 4	BARRA DE 6	BARRA DE 8	T.TALADROS
	23	23	23	23

T. SERVICIO	N°	DESCRIPCIÓN	BUENO	MALO	OBSERVACIÓN
1	1	CUERPO (CARCASA)	✓		
2	2	BARRA DE AVANCE	✓		
3	3	MANGUERA DE AIRE	✓		
4	4	MANGUERA DE AGUA	✓		
5	5	NIVEL DE ACEITE	✓		
6	6	SUJETADOR DE BARRENO (GRAMPA)	✓		
7	7	CONDICIÓN DEL TOPE DE BARRA (3.5MM)	✓		
8	8	ROTACION DE LA MAQUINA	✓		
9	9	FUGAS DE AIRE Y/O AGUA	✓		
10	10	FUGA DE ACEITE	✓		
11	11	CADENA DE SEGURIDAD	✓		

PERFORISTA: [Firma] SUP. BOART LONGYEAR: [Firma] TEC. VOLADURA: [Firma] SUP. MINA: [Firma]

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.1.14. Aceros fronteneros (Jumbo 201, Jumbo212, Muky)

En el cuadro se presenta el histórico del consumo de aceros de perforación de equipos fronteneros.

Tabla 8

Consumo de aceros de perforación de equipos fronteneros

MES	EQUIPO	SHANK	COUPLING	BARRA	BROCA	RIMADORA	VALORIZACIÓN (USD\$)	PRODUCCIÓN METROS POR MES	PRODUCCIÓN PIES POR MES
AGOSTO	JUMBO 201	2	2	1	9	1	1,611	12,024	39,449
AGOSTO	JUMBO 212	2	2	2	17	2	2,654	22,030	72,277
SETIEMBRE	JUMBO 201	4	4	3	47	4	5,542	43,851	143,868
SETIEMBRE	JUMBO 212	6	6	6	58	6	8,309	78,331	256,991
OCTUBRE	JUMBO 201	4	4	4	54	4	6,298	48,677	159,701
OCTUBRE	JUMBO 212	5	5	5	61	5	7,551	68,908	226,076
NOVIEMBRE	JUMBO 201	3	3	4	52	4	5,940	45,385	148,901
NOVIEMBRE	JUMBO 212	5	5	5	55	5	7,254	63,084	206,969
NOVIEMBRE	MUKY	1	0	1	6	0	639	3,182	10,440
DICIEMBRE	JUMBO 201	5	5	5	43	5	6,660	68,716	225,446
DICIEMBRE	JUMBO 212	6	6	6	54	6	8,111	75,137	246,512
DICIEMBRE	MUKY	1	0	1	6	0	639	3,182	10,440
ENERO	JUMBO 201	4	4	5	42	5	6,352	57,188	187,625
ENERO	JUMBO 212	6	6	6	53	6	8,062	79,917	262,195
ENERO	MUKY	1	0	3	13	0	1,412	7,220	23,688
FEBRERO	JUMBO 201	3	3	3	13	2	3,124	58,455	191,782
FEBRERO	JUMBO 212	5	5	4	17	2	4,249	93,977	308,324
FEBRERO	MUKY	1	0	1	4	0	547	4,667	15,312
MARZO	JUMBO 201	3	3	3	12	2	3,075	56,374	184,954
MARZO	JUMBO 212	5	5	4	18	2	4,298	78,371	257,123
MARZO	MUKY	1	0	2	10	0	1,048	8,778	28,799

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

3.1.15. Aceros empernadores (Bolter 211 y bolter 202)

En el cuadro se presenta el histórico del consumo de aceros de perforación de equipos de sostenimiento.

Tabla 9

Consumo de aceros de perforación de equipos de sostenimiento

MES	EQUIPO	SHANK	BARRA	BROCA	VALORIZACIÓN	PRODUCCIÓN METROS POR MES	PRODUCCIÓN PIES POR MES
AGOSTO	BOLTER 211	2	7	38	\$ 3,602.03	21,161	69,426
AGOSTO	BOLTER 202	3	5	27	\$ 2,782.05	15,806	51,857
SETIEMBRE	BOLTER 211	4	7	38	\$ 3,876.63	21,669	71,093
SETIEMBRE	BOLTER 202	3	5	30	\$ 2,920.35	16,560	54,331
OCTUBRE	BOLTER 211	3	7	41	\$ 3,877.63	24,086	79,022
OCTUBRE	BOLTER 202	3	6	31	\$ 3,191.54	17,816	58,451
NOVIEMBRE	BOLTER 211	4	7	38	\$ 3,876.63	22,550	73,983
NOVIEMBRE	BOLTER 202	3	5	29	\$ 2,874.25	16,182	53,091
DICIEMBRE	BOLTER 211	3	5	28	\$ 2,828.15	22,550	73,983
DICIEMBRE	BOLTER 202	3	7	42	\$ 3,923.73	16,182	53,091
ENERO	BOLTER 211	6	8	45	\$ 4,699.02	26,017	85,358
ENERO	BOLTER 202	3	5	27	\$ 2,782.05	16,029	52,589
FEBRERO	BOLTER 211	6	6	34	\$ 3,741.74	28,356	93,031
FEBRERO	BOLTER 202	3	3	18	\$ 1,916.97	13,835	45,390
MARZO	BOLTER 211	4	5	30	\$ 3,057.65	23,450	76,936
MARZO	BOLTER 202	3	4	20	\$ 2,234.26	18,515	60,745

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.1.16. Aceros Jackleg Seco250

En el cuadro se presenta el histórico del consumo de aceros de perforación de equipos cónicos.

Tabla 10

Consumo de aceros de perforación de equipos cónicos

MES	Barra 4 pies	Barra 6 pies	Barra 8 pies	BROCA	VALORIZACIÓN	PRODUCCIÓN METROS POR MES	PRODUCCIÓN PIES POR MES
AGOSTO	29	31	28	468	\$ 17,243.25	219,795	721,112
SEPTIEMBRE	27	25	24	457	\$ 15,998.42	285,518	936,739
OCTUBRE	32	33	32	462	\$ 17,858.65	324,696	1,065,276
NOVIEMBRE	29	32	33	482	\$ 18,112.76	315,592	1,035,407
DICIEMBRE	37	33	29	459	\$ 17,825.90	349,416	1,146,378
ENERO	32	28	27	416	\$ 15,970.62	337,527	1,107,372
FEBRERO	8	18	15	366	\$ 11,357.62	354,975	1,164,616
MARZO	11	17	15	249	\$ 8,939.24	310,255	1,017,897

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

3.1.17. Parámetros para mejorar el rendimiento de brocas

De acuerdo a Huatuco (2019) los siguientes parámetros pueden ayudar a mejorar el rendimiento de la broca.

- Cantidad de botones.
- Tipo de botones.
- Angulo de los botones periféricos y centrales.
- Diámetro de la broca.
- Cantidad de orificios y canales de barrido.
- Tipo de rosca.
- Grado de acero y de carburo.
- Buen mantenimiento de la perforadora y el equipo de perforación.
- Correcto y oportuno afilado.
- Control adecuado de presiones de trabajo.
- Operadores bien instruidos y bien motivados.
- Avance adecuado.
- Buen emboquillado.
- Tipo de terreno.
- Suministro de aire y agua apropiados.

3.1.18. Parámetros para el cálculo de rendimiento de las brocas

Huatuco (2019), sugirió el siguiente procedimiento para calcular el rendimiento de las brocas utilizadas.

- Conocer las características generales del lugar a trabajar (unidad minera).
- Elegir los posibles productos a emplear según las características del lugar a trabajar y otras consideraciones.
- Verificar el estado inicial del producto nuevo del almacén (fallas de fábrica).
- Capacitar al personal del trabajo a realizar.
- Distribución de los productos para trabajar en las diferentes situaciones para ejecutar las respectivas pruebas.
- Brindar condiciones de trabajo al personal.
- Verificar las condiciones de trabajo durante el desarrollo de las pruebas.
- Toma de datos (cantidad, eficiencias, satisfacción, etc.)
- Dar mantenimiento al producto, para seguir utilizándolas hasta llegar a cumplir con el objetivo.
- Analizar el estado del producto para poder ser descartadas o seguir dando su mantenimiento respectivo.
- Analizar todos los datos obtenidos de las pruebas para tomar medidas correctivas o evaluar rendimientos, eficiencias, etc.

3.1.19. Parámetros para calcular precios unitarios del metro perforado

Para Huatuco (2019) los parámetros para calcular los precios unitarios de los metros perforados son los siguientes:

- Rendimiento del shank de perforación en metros o pies.
- Rendimiento de las barras de perforación en metros o pies.
- Rendimiento de los acoples de perforación en metros o pies.
- Rendimiento de las brocas de perforación en metros o pies.
- Precio del shank de perforación en dólares o soles.
- Precio de las barras de perforación en dólares o soles.
- Precio de los acoples de perforación en dólares o soles.

- Precio de las brocas de perforación en dólares o soles.
- Gastos administrativos en dólares o soles.
- Costo de afilado de brocas (mantenimiento de los aceros de perforación) en dólares o soles.
- Costo de transporte de los aceros de perforación (del almacén hacia obra) en dólares o soles.
- Costo de almacenaje de los aceros de perforación en dólares o soles.
- Gastos del personal calificado (supervisión) en dólares o soles.
- Costo de mantenimiento de equipos y maquinarias en dólares o soles.
- Depreciación de los aceros de perforación en dólares o soles.
- Inversión y seguros en dólares o soles.
- Construcción de instalaciones para las pruebas en dólares o soles.
- Gastos del personal calificado para las pruebas (supervisión) en dólares o soles.
- Otros gastos en dólares o soles.

3.2. Sistema de perforación unidad minera Orcopampa

En la siguiente figura se observa la evolución total del sistema de perforación utilizado en la unidad minera Orcopampa. En la Figura 20, en la parte superior izquierda, se observa la cantidad de metros perforados, la que se ha incrementado de agosto del 2021 a diciembre del 2022.

En la figura de la parte superior derecha se encuentra el rendimiento y vida útil de los aceros, donde se observa que el rendimiento estaba por debajo de la vida útil de los aceros de agosto del 2021 a diciembre del 2022, periodo en el cual no se había implementado el taller de afilado y herramienta digital. Es a partir de febrero del 2022 que se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil de dichos aceros, por causa del taller de afilado y herramienta digital.

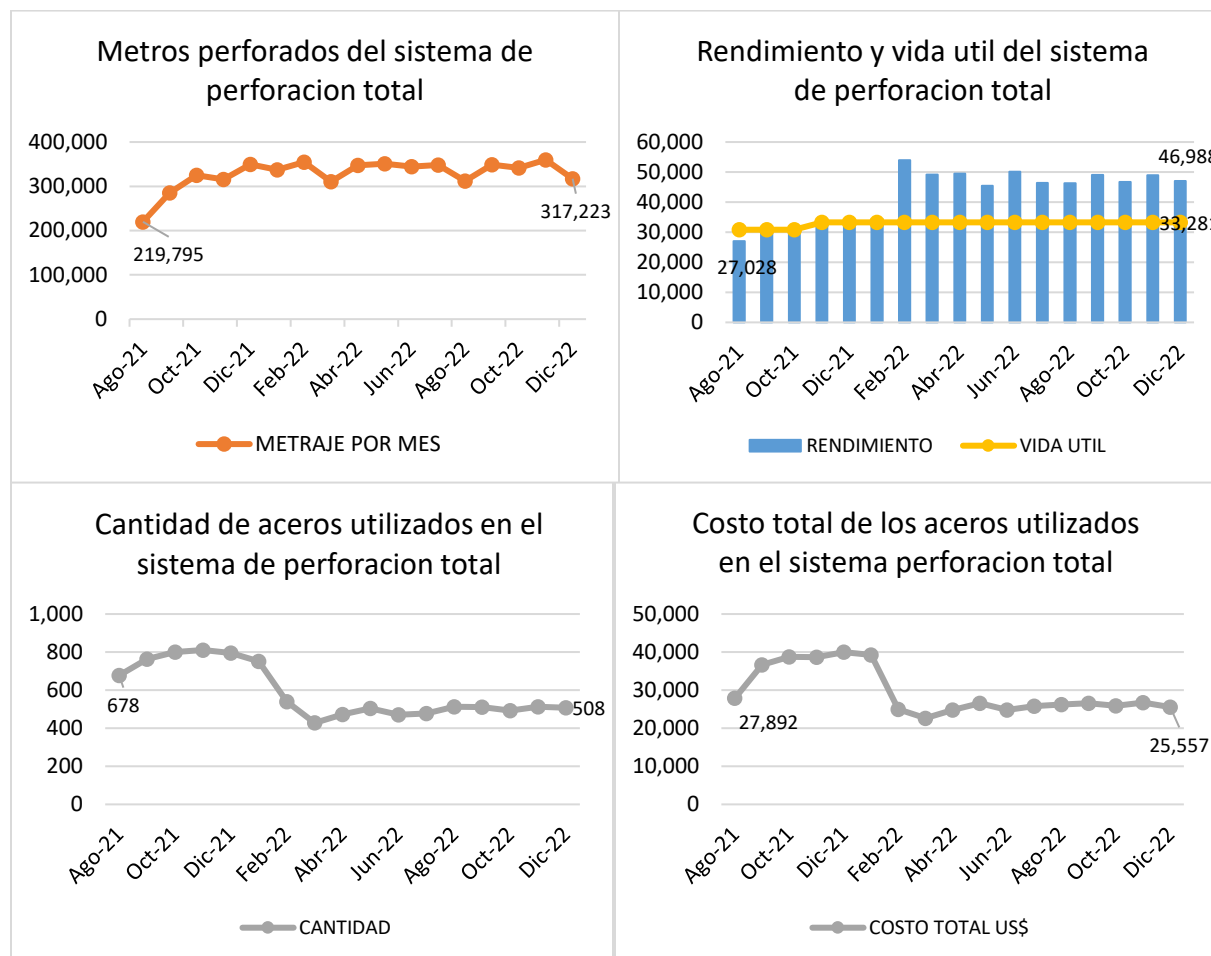
En la figura inferior izquierda se muestra la cantidad de aceros utilizados han disminuido pasando de 678 en agosto del 2021 a 508 en diciembre del 2022.

En la figura inferior derecha, se presenta el costo total de los aceros utilizados, los que han disminuido pasando de US\$ 27,872 en agosto del 2021 a US\$ 25,557 en diciembre del 2022.

La implementación del taller de afilado y herramienta digital han repercutido en el incremento del rendimiento y en la reducción de la cantidad y costo de los aceros utilizados en la perforación de la U.M. Orcopampa.

Figura 21

Sistema de perforación total de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3. Sistema de perforación frontenero

Un tipo de perforación aplicado, es la perforación frontenero, donde se utilizan tres tipos de equipos: Jumbo 201, Jumbo 212 y Muky. Los equipos Jumbo 201 y 212 trabaja con los siguientes aceros: SHK SVK HLX5 HM38 045/500 (código 450851), COUPLING HM 38 S/B 055 191 (código 350002), ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C (código 220547), RIMADORA (código 990084), BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G (código 111100). Mientras que el equipo Muky trabaja con los aceros: SHK MON HC50 R32F 045/270 (código

450862), ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603) y BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109).

De manera general, en la Figura 21, en la parte superior izquierda, se observa la cantidad de metros perforados del sistema frontenero, donde se muestra que se ha incrementado pasando de 34,053 m. en agosto del 2021 a 150,339 m. en diciembre del 2022.

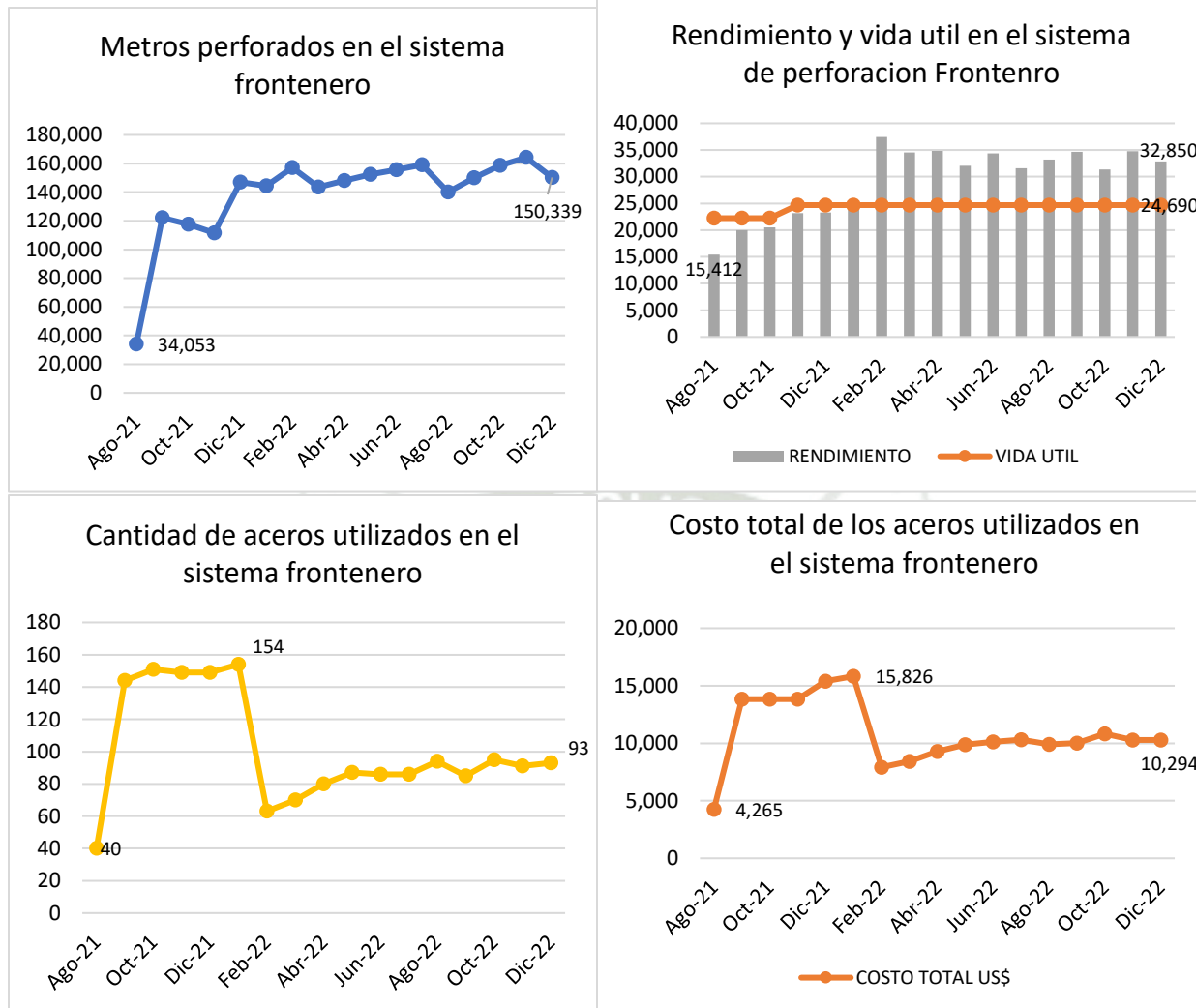
En la figura superior derecha se encuentra el rendimiento y vida útil de los aceros utilizados en el sistema de perforación frontenero, donde se observa que el rendimiento estaba por debajo de la vida útil de los aceros hasta diciembre del 2022. A partir de febrero del 2022 que se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil de dichos aceros, por la implementación del taller de afilado y herramienta digital.

En la figura inferior izquierda se muestra la cantidad de aceros utilizados se ha incrementado de enero del 2021 a enero del 2022 de 40 a 154. Esta cantidad de aceros disminuyó para diciembre del 2022 a 93 unidades.

En la figura inferior derecha, se presenta el costo total de los aceros utilizados en la perforación frontenero, los que se han incrementado de agosto del 2021 a enero del 2022 pasando de US\$ 4,265 a US\$ 15,826; para luego presentar un descenso hacia diciembre del 2022 llegando a US\$ 10,294.

Figura 22

Sistema de perforación Frontenero de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022



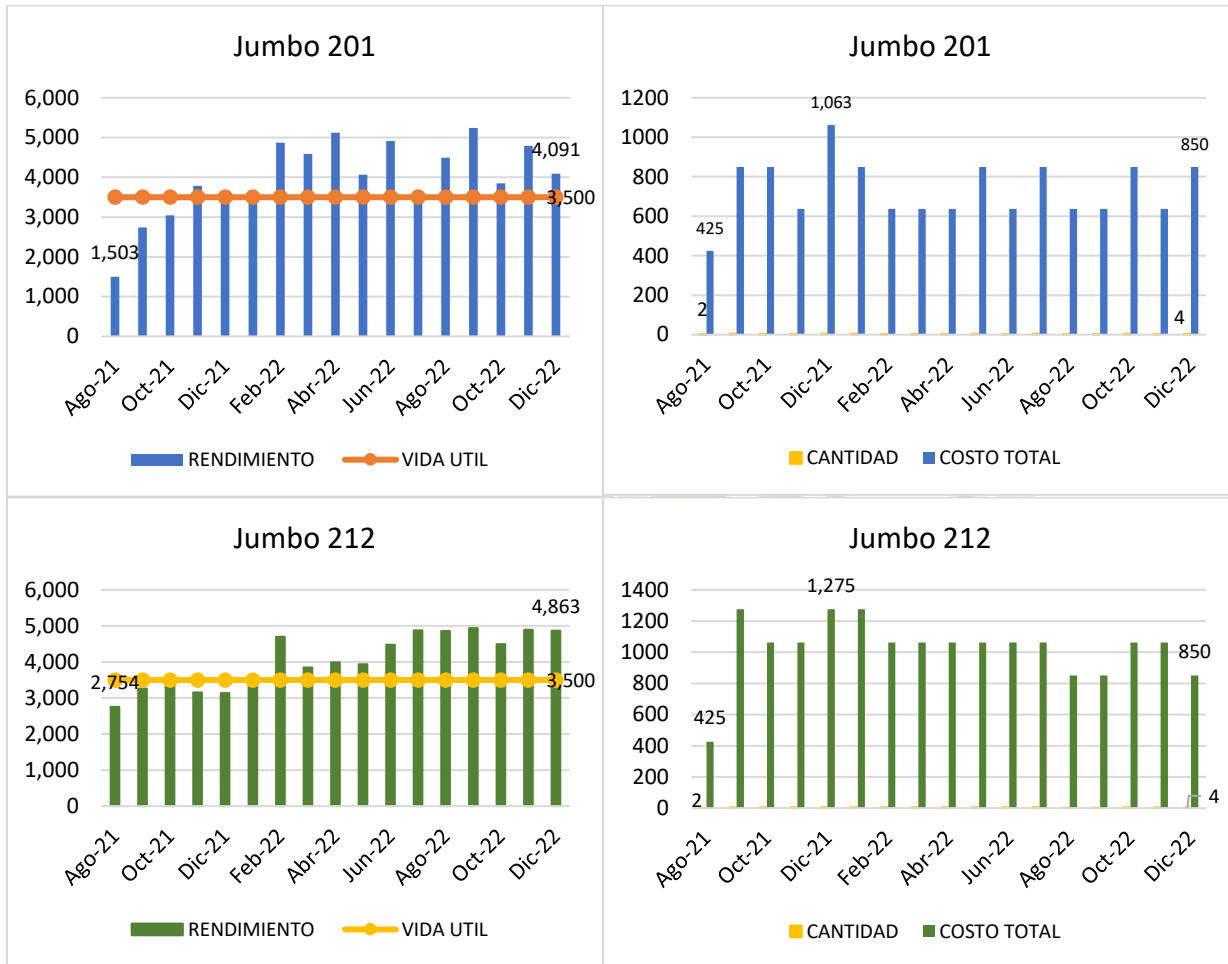
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3.1. SHK SVK HLX5 HM38 045/500 (código 450851)

SHK SVK HLX5 HM38 045/500 (código 450851) es un tipo de acero utilizado por el equipo Jumbo 201 y 212 en la perforación frontero. En la Figura 23, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento que estaba por debajo de la vida útil sobrepasa la misma, a partir de febrero del 2022, meses en los que se implementó el taller de afilado y herramienta digital. En la figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa una disminución en el costo a partir de enero del 2022.

Figura 23

Acero SHK SVK HLX5 HM38 045/500 (codigo 450851)



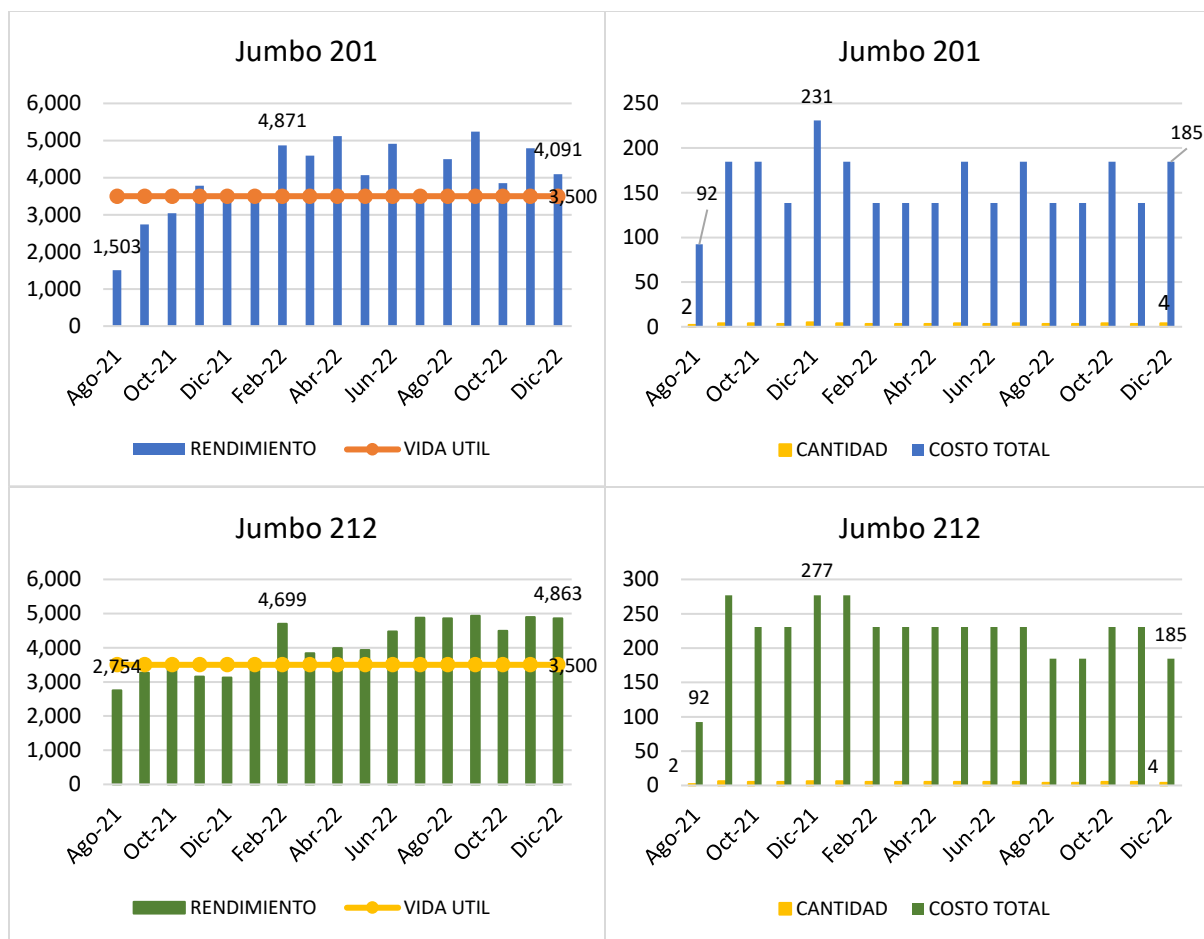
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3.2. COUPLING HM 38 S/B 055 191 (código 350002)

COUPLING HM 38 S/B 055 191 (código 350002) es un tipo de acero utilizado por el equipo Jumbo 201 y 212 en la perforación fronterero. En la Figura 24, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil a partir de febrero del 2022. En la figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa una disminución en el costo total a partir de diciembre del 2021.

Figura 24

Acero COUPLING HM 38 S/B 055 191 (código 350002)



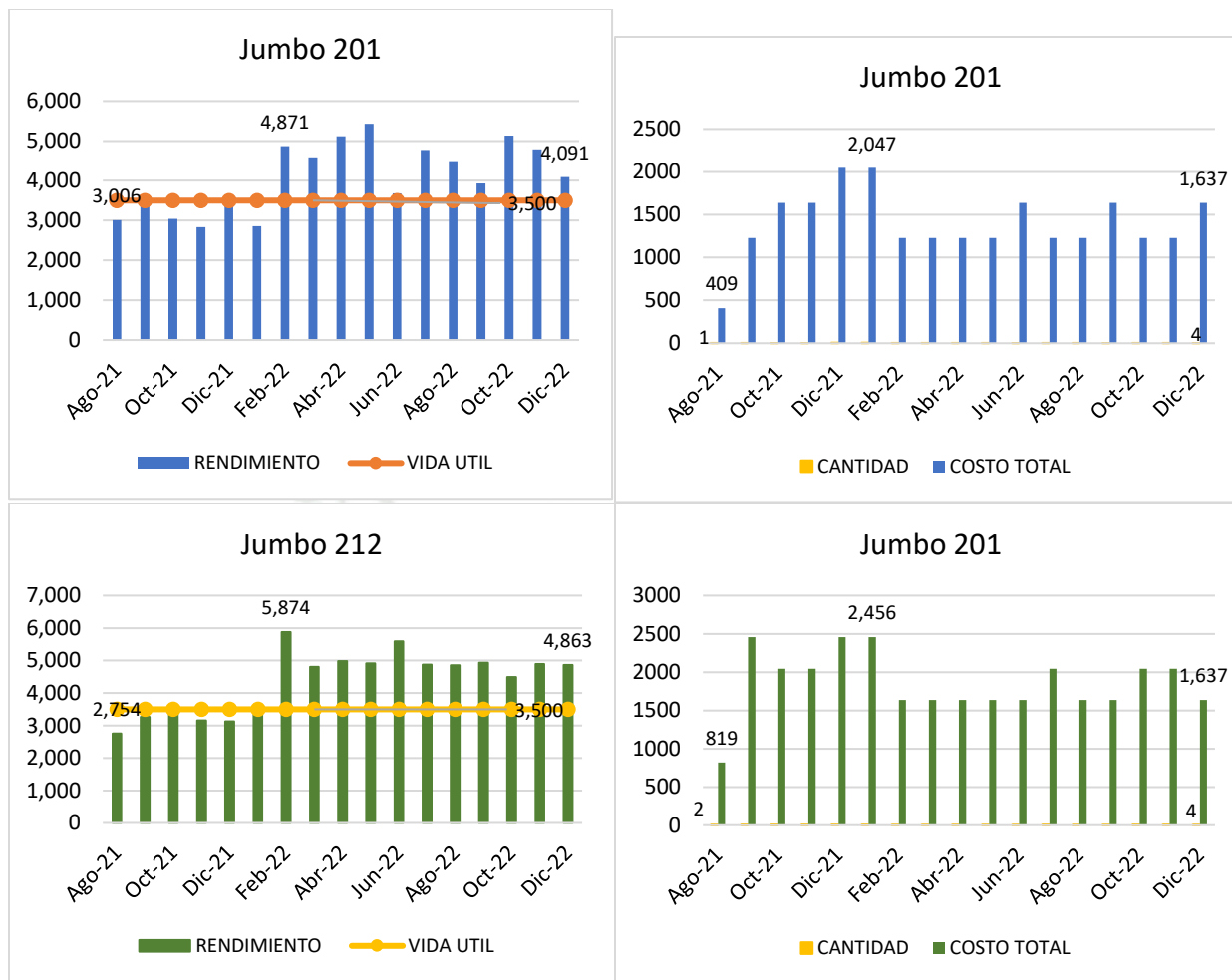
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3.3. ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C (codigo 220547)

La ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C (codigo 220547) es un tipo de acero utilizado por el equipo Jumbo 201 y 212 en la perforación frontero. En la Figura 25, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil desde febrero del 2022. En la figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa una disminución en el costo total a partir de enero del 2022.

Figura 25

Acero ROD TUN M/M 4300 DM35 35H HM38 C (código 220547)



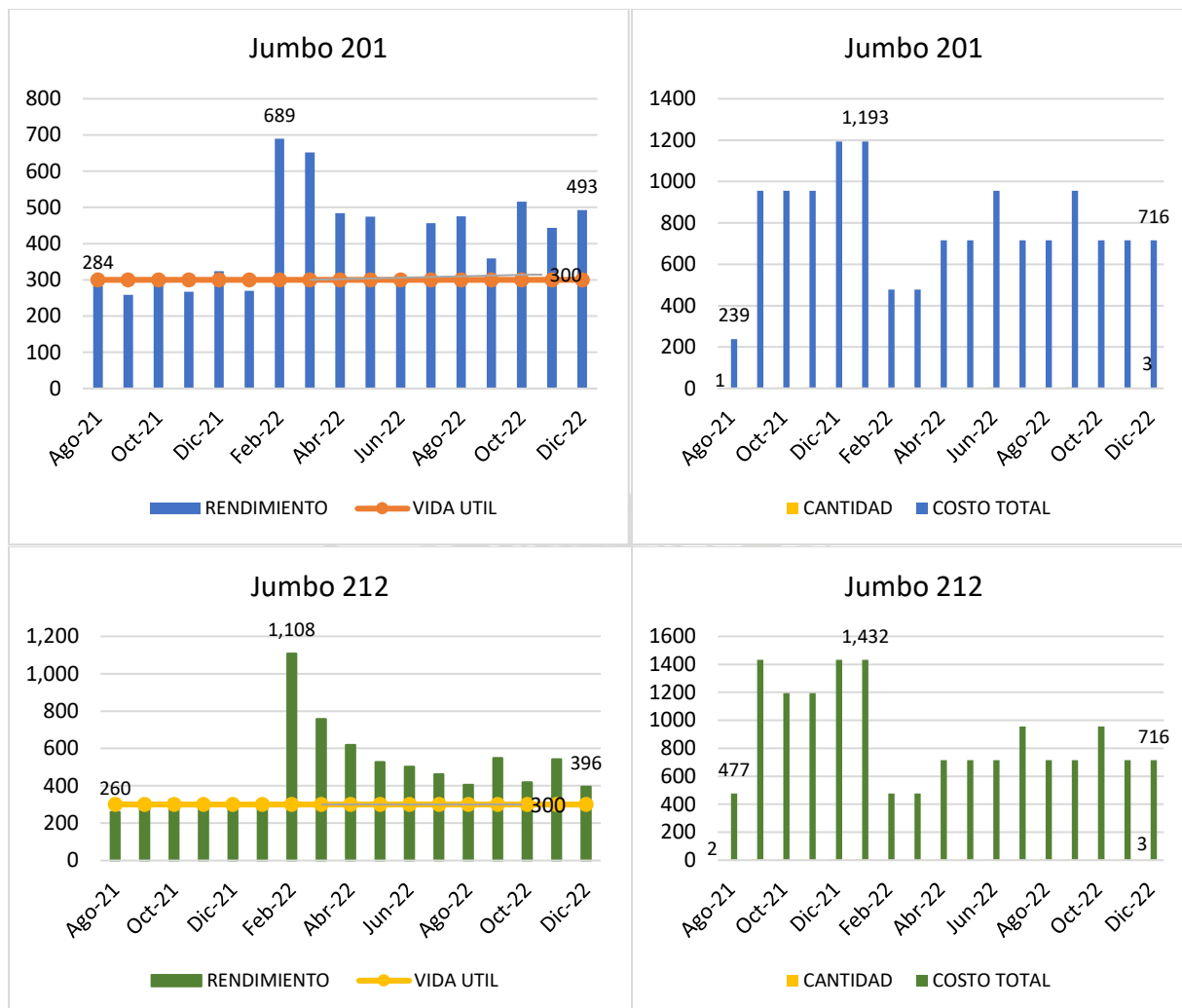
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3.4. RIMADORA (código 990084)

El acero RIMADORA (código 990084), es utilizado por el equipo Jumbo 201 y 212 en la perforación frontero. En la Figura 26, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil a partir de febrero del 2022, meses en los que se implementó el taller de afilado y herramienta digital. En la figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero RIMADORA (código 990084), donde se observa una disminución en el costo total a partir del mes de febrero del 2022.

Figura 26

Acero RIMADORA (código 990084)



Fuente: INCIMMET.

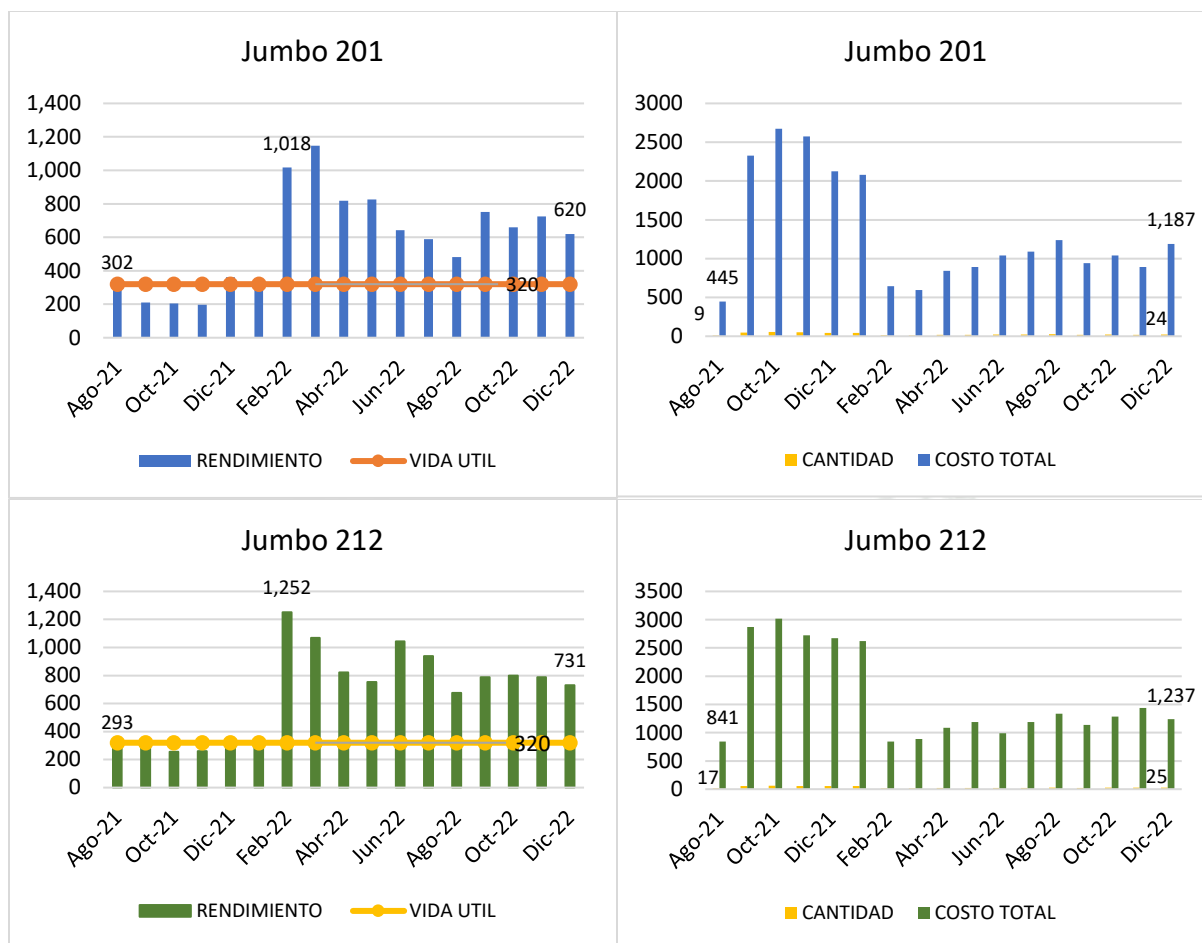
Elaboración propia.

3.3.5. BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G (código 111100)

El acero BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G (código 111100), es utilizado por el equipo Jumbo 201 y 212 en la perforación frontero. En la Figura 27, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil a partir de febrero del 2022, meses en los que se implementó el taller de afilado y herramienta digital. En la figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa una disminución en el costo total a partir de febrero del 2022.

Figura 27

Acero BIT BTN THD 045 DM35 BF5H11/2H9 1F2G (código 111100)



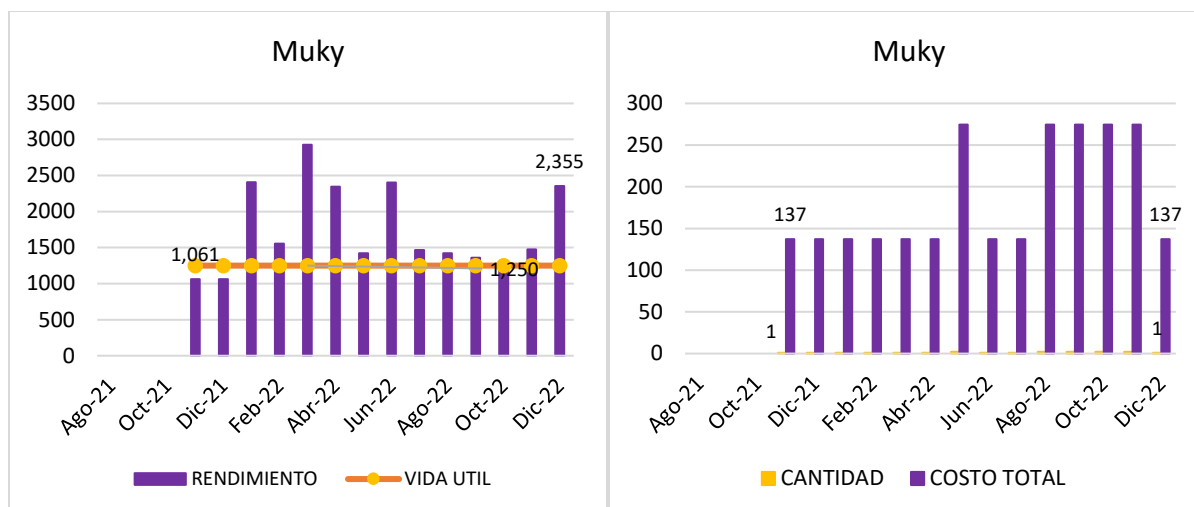
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3.6. SHK MON HC50 R32F 045/270 (Código 450862)

El acero SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862), es utilizado por el equipo Muky en la perforación frontero. En la Figura 28, en la parte izquierda, se presenta el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil a partir de enero del 2022. En la figura derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa una disminución en el costo total para diciembre del 2022.

Figura 28

SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862)



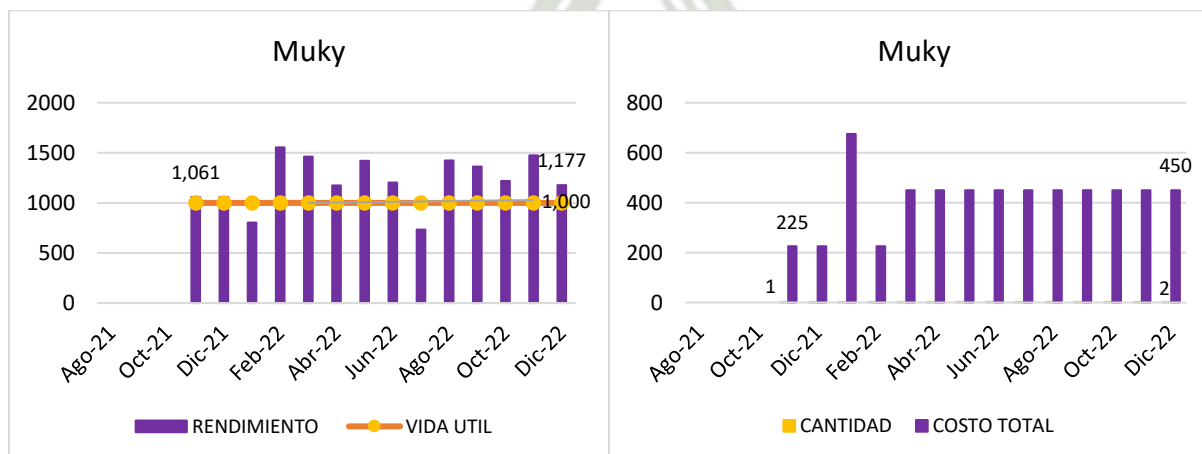
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.3.7. ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603)

El acero ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603), es utilizado por el equipo Muky en la perforación frontero. En la Figura 29, en la parte izquierda, se muestra el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil a partir de febrero del 2022. En la parte derecha de la figura, se encuentra la cantidad y el costo total del acero de agosto del 2021 a diciembre del 2022.

Figura 29

ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603)



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

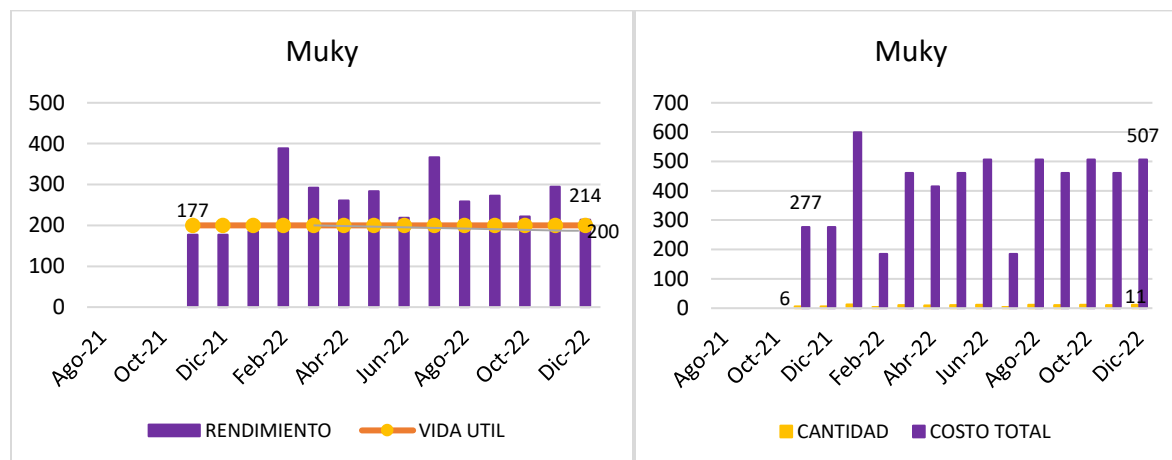
3.3.8. *BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109)*

El acero BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109), es utilizado por el equipo Muky en la perforación fronterero. En la Figura 30, en la parte superior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil a partir de febrero del 2022. En la figura superior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero utilizados de noviembre del 2021 a diciembre del 2022.



Figura 30

BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (Código 111109)



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.4. Sistema de perforación sostenimiento

Un segundo tipo de perforación aplicado, es la perforación de sostenimiento, donde se utilizan dos tipos de equipos: Bolter 211 y Bolter 202. Estos equipos trabajan con los siguientes aceros: SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862), ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603), BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109), SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862), ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603) y BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109).

De manera general, en la Figura 30, en la parte superior izquierda, se observa la cantidad de metros perforados del sistema sostenimiento, donde se muestra que ha disminuido levemente pasando de 36,967 m., en agosto del 2021 a 35,389 m., en diciembre del 2022.

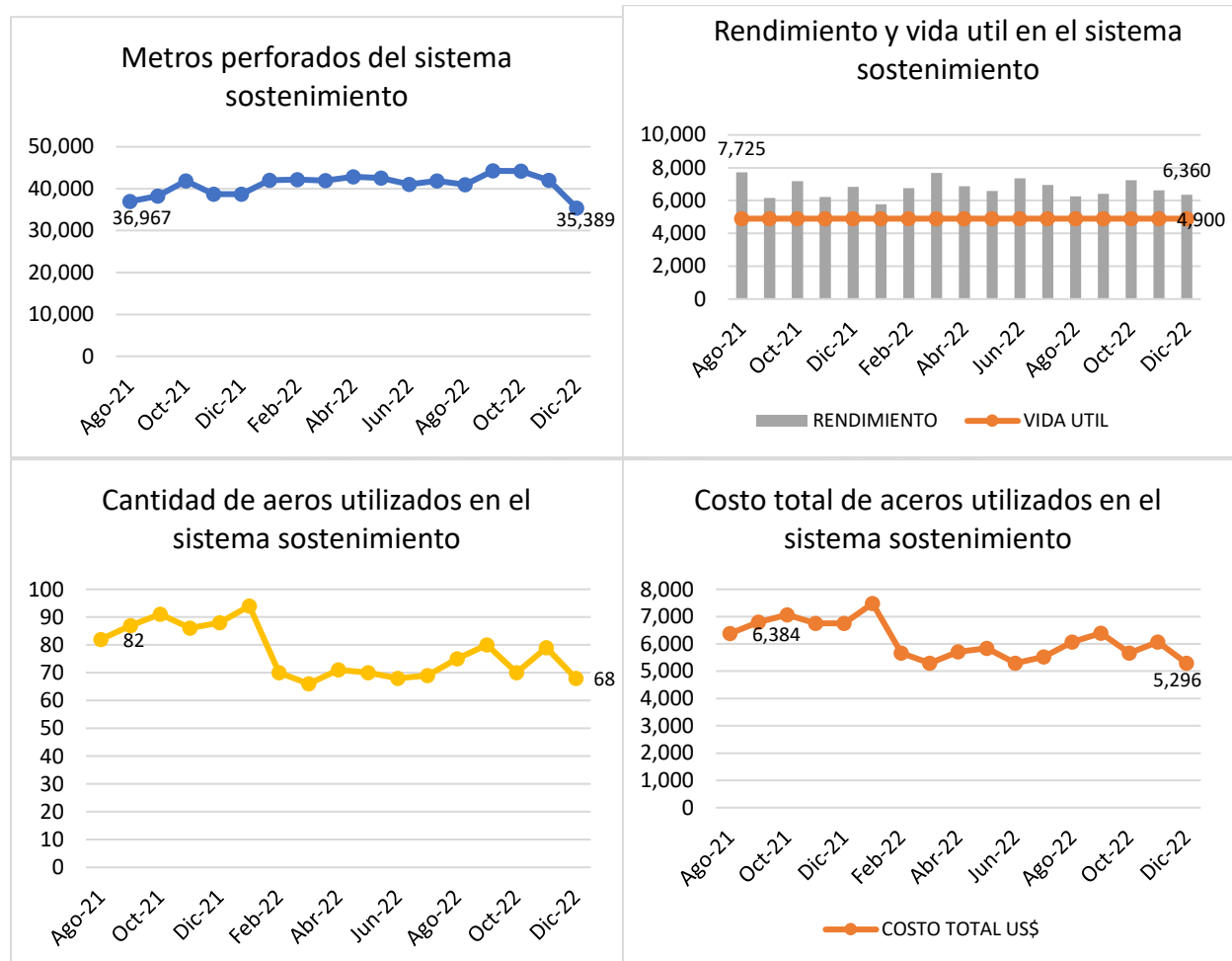
En la figura superior derecha se encuentra el rendimiento y vida útil de los aceros utilizados en el sistema de perforación sostenimiento, donde se observa que, al inicio el rendimiento era de 7,725 m. y a diciembre del 2022, paso a 6,360 m., durante todo el periodo el rendimiento estuvo por encima de la vida útil de los aceros (4,900 m.).

En la figura inferior izquierda se muestra la cantidad de aceros utilizados, la que ha pasado de 82 a 68 unidades a diciembre del 2022.

En la figura inferior derecha, se presenta el costo total de los aceros utilizados en la perforación sostenimiento, los que se han reducido de agosto del 2021 a diciembre del 2022, pasando de US\$ 6,384 a US\$ 5,296.

Figura 31

Sistema de perforación Sostenimiento de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

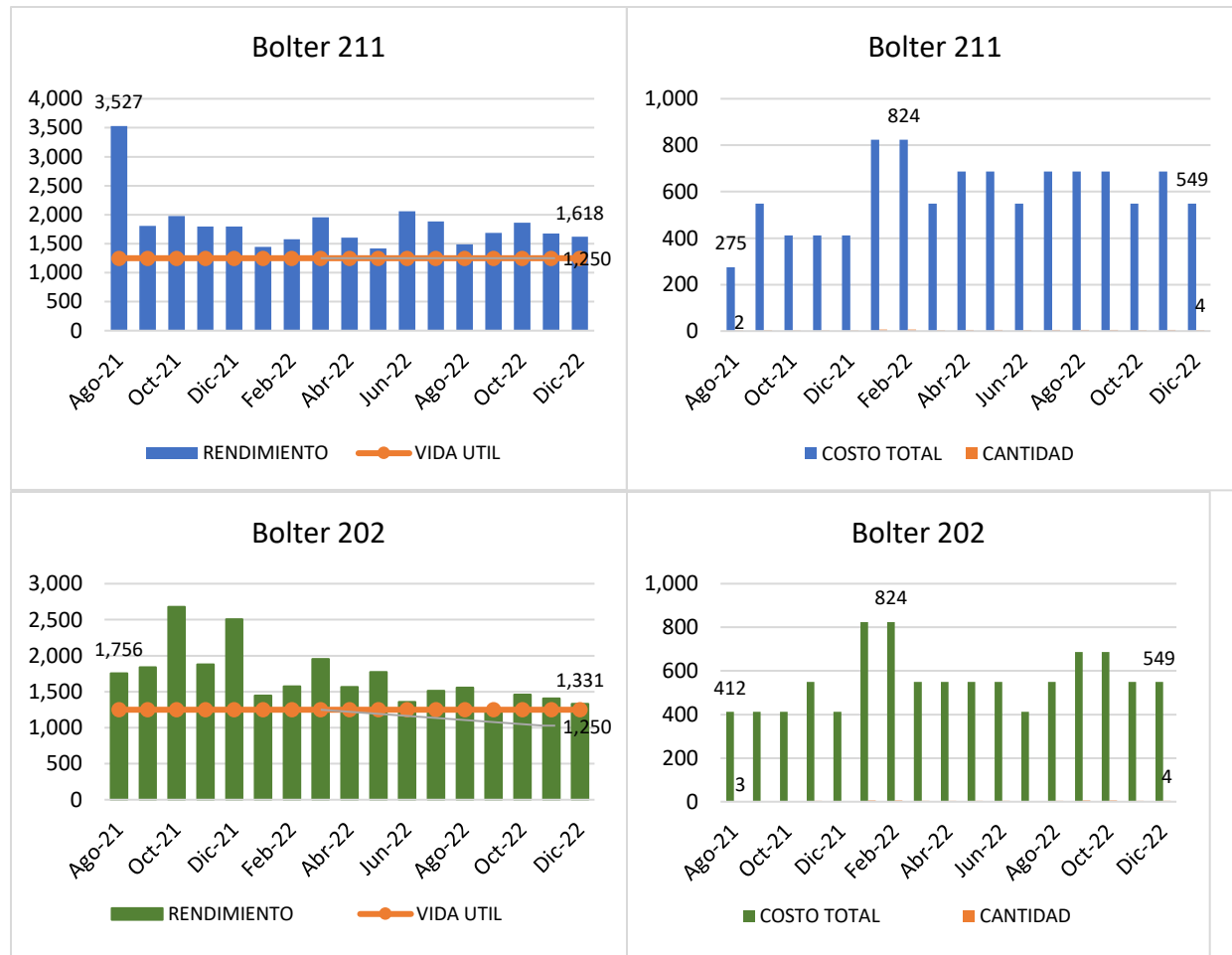
3.4.1. SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862)

SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862) es un tipo de acero utilizado por el equipo Bolter 211 y 202 en la perforación sostenimiento. En la Figura 32, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento ha estado por encima de la vida útil durante el periodo de análisis. En la figura

superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero utilizada con el equipo Bolter 211 y por el equipo Bolter 202.

Figura 32

Acero SHK MON HC50 R32F 045/270 (código 450862)



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

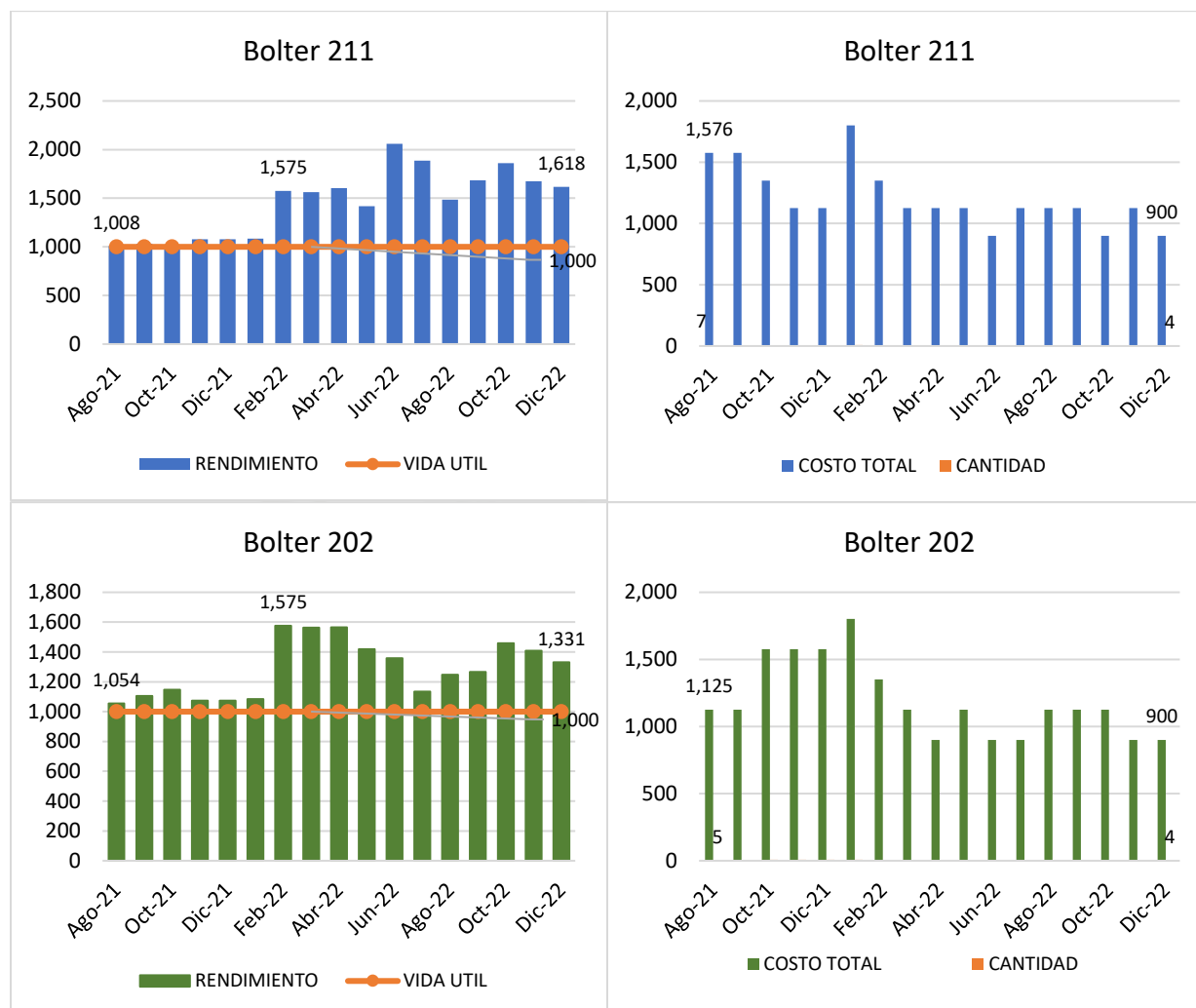
3.4.2. ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603)

El acero ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603), es utilizado por el equipo Bolter 211 y 202 en la perforación sostenimiento. En la Figura 33, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero Barra de 8 pies Bolter, donde se observa que el rendimiento ha estado por encima de la vida útil a partir de febrero del 2022. En la

figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa que la cantidad de aceros utilizada ha disminuido, por consiguiente, los costos se han reducido a diciembre del 2022.

Figura 33

ROD TUN M/M 2480 DM28 28H R32 C (código 220603)



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.4.3. BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109)

El acero BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109), es utilizado por el equipo Bolter 211 y 202 en la perforación sostenimiento. En la Figura 34, en la parte superior e inferior izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el

rendimiento ha sobrepasado la vida útil a partir de febrero del 2022. En la figura superior e inferior derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa que la cantidad de aceros utilizada ha disminuido, por consiguiente, los costos se han reducido a diciembre del 2022.

Figura 34

BIT BTN THD 038 DM28 BF5H9/2H7 1F2G (código 111109)



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.5. Sistema de perforación cónico

Un tipo de perforación aplicado, es la perforación frontenero, donde se utilizan el equipo Jack Leg, el cual trabaja con los siguientes aceros: ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C (código 250160), ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C (código 250161), ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C (código 250162) y BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N (código 950264).

De manera general, en la Figura 34, en la parte superior izquierda, se observa la cantidad de metros perforados del sistema frontenero, donde se muestra que ha pasado de 148,774 m. en agosto del 2021 a 131,495 m. en diciembre del 2022.

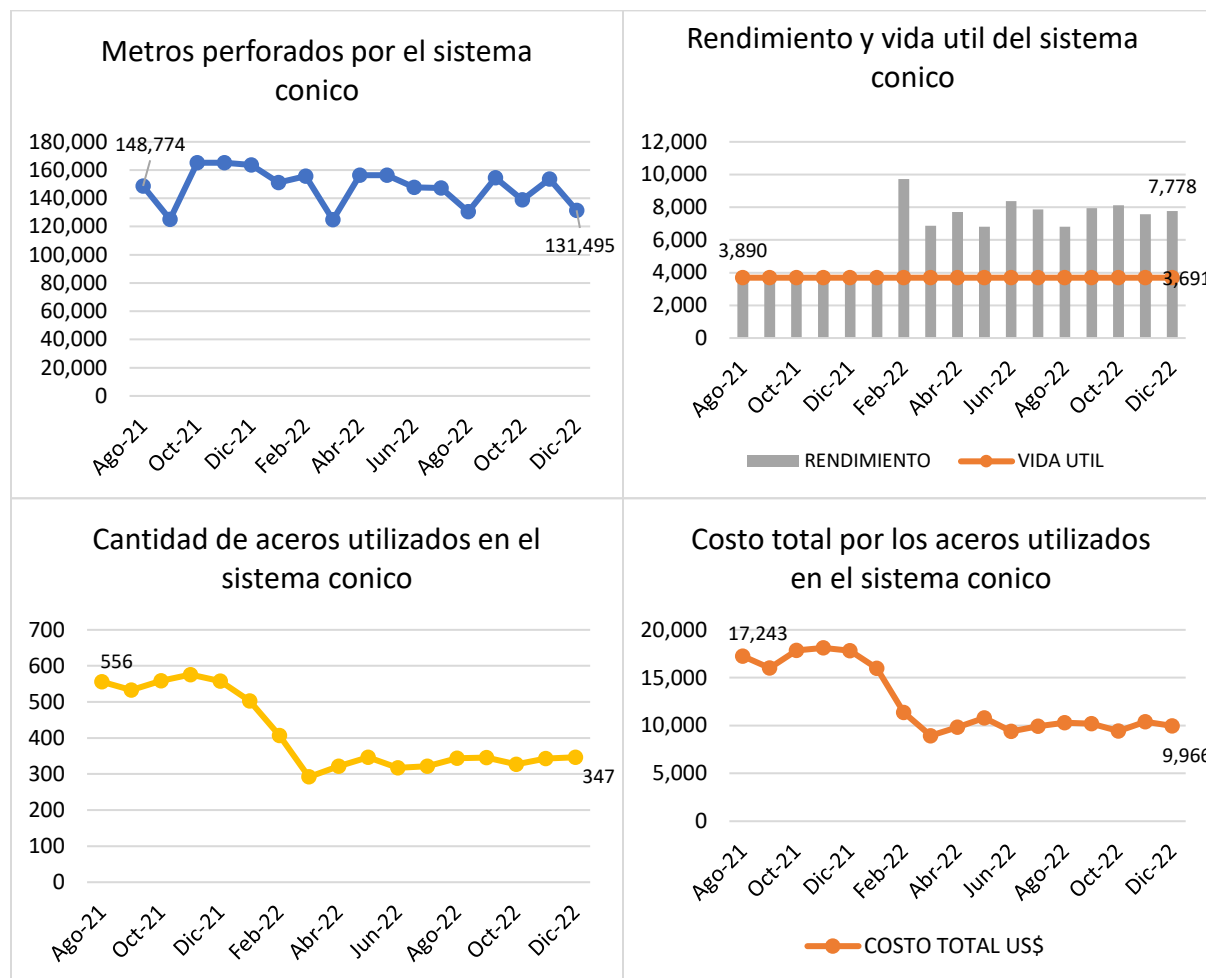
En la figura superior derecha se encuentra el rendimiento y vida útil de los aceros utilizados en el sistema de perforación frontenero, donde se observa que el rendimiento estaba por debajo de la vida útil de los aceros hasta enero del 2022. A partir de febrero del 2022 que se observa que el rendimiento sobrepasa la vida útil de dichos aceros, por la implementación del taller de afilado y herramienta digital.

En la figura inferior izquierda se muestra la cantidad de aceros utilizados se ha reducido de enero del 2021 a diciembre del 2022 de 556 a 347 unidades.

En la figura inferior derecha, se presenta el costo total de los aceros utilizados en la perforación frontenero, los que presentan una disminución, de agosto del 2021 a diciembre del 2022 pasando de US\$ 17,243 a US\$ 9,966.

Figura 35

Sistema de perforación Cónico de la Unidad Minera (U.M.) Orcopampa 2021 - 2022



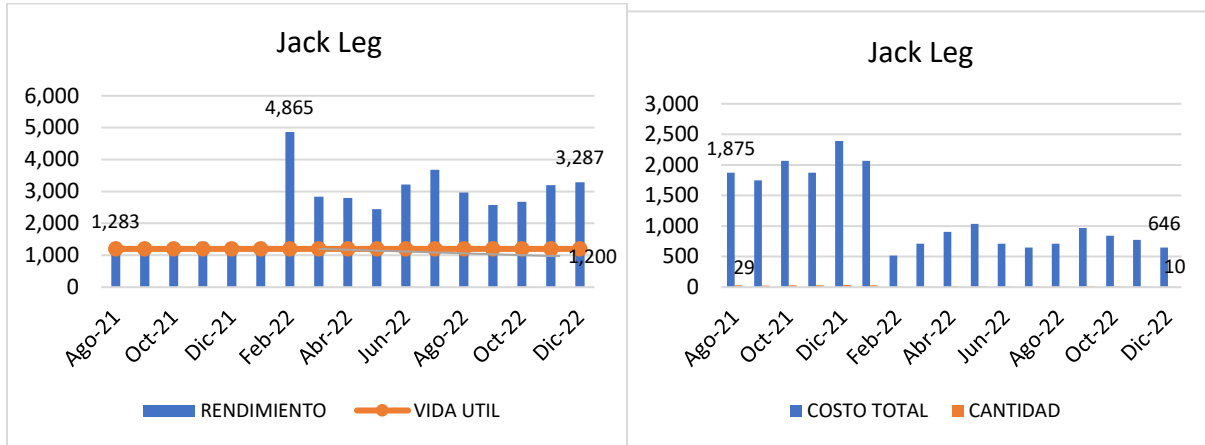
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.5.1. ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C (código 250160)

El acero ROD CLR TPR 1220 22H 108X11* C (código 250160), es utilizado por el equipo Jack Leg en la perforación cónico. En la Figura 36, en la parte izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento ha sobrepasado la vida útil a partir de febrero del 2022. En la figura derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, donde se observa que la cantidad de aceros utilizada ha disminuido, por consiguiente, los costos se han reducido a diciembre del 2022.

Figura 36

ROD CLR TPR 1220 22H 108X11 C (código 250160)*



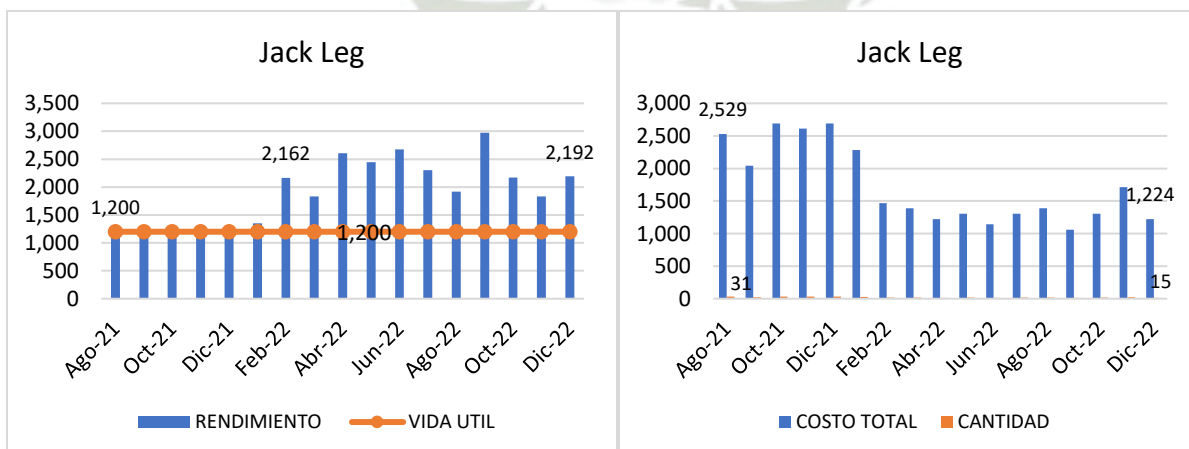
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.5.2. ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C (código 250161)

El acero ROD CLR TPR 1830 22H 108X11* C (código 250161), es utilizado por el equipo Jack Leg en la perforación cónico. En la Figura 37, en la parte izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento ha sobrepasado la vida útil a partir de febrero del 2022. En la figura derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero utilizado, donde se observa que ambos han disminuido para diciembre del 2022.

Figura 37

ROD CLR TPR 1830 22H 108X11 C (codigo 250161)*



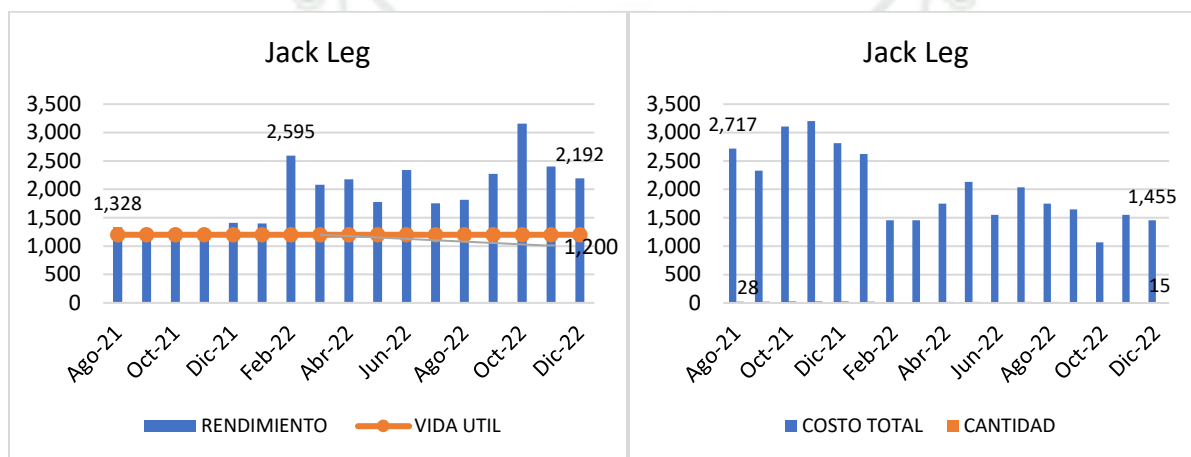
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.5.3. ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C (código 250162)

El acero ROD CLR TPR 2440 22H 108X11* C (código 250162), es utilizado por el equipo Jack Leg en la perforación cónico. En la Figura 38, en la parte izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde se observa que el rendimiento ha sobrepasado la vida útil desde febrero del 2022. En la figura derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, las cuales han disminuido a diciembre del 2022.

Figura 38

ROD CLR TPR 2440 22H 108X11 C (código 250162)*



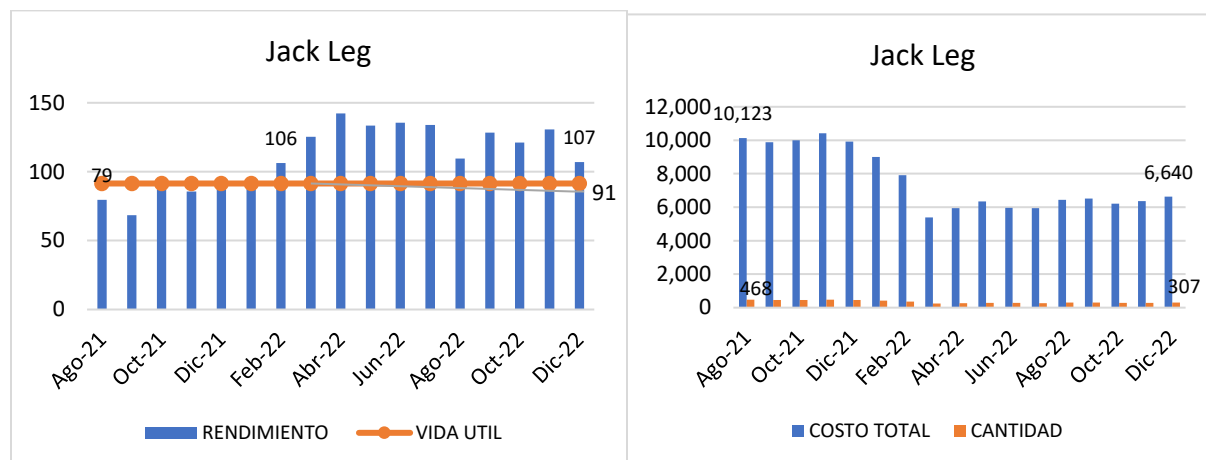
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

3.5.4. BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N (código 950264)

El acero BIT BTN PO 038 22X11* BF5C9/2C7 2F1G N (código 950264), es utilizado por el equipo Jack Leg en la perforación cónico. En la Figura 39, en la parte izquierda, se observa el rendimiento y vida útil del acero, donde el rendimiento ha sobrepasado la vida útil a partir de febrero del 2022, En la figura derecha se encuentra la cantidad y el costo total del acero, las que han disminuido a diciembre del 2022.

Figura 39

BIT BTN PO 038 22X11 BF5C9/2C7 2FIG N (código 950264)*



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS



4. Resultados

En el presente capítulo se van a exponer los resultados de los modelos de regresión lineal aplicados que permitieron cumplir con los objetivos e hipótesis de la presente investigación.

Con los datos recolectados de los aceros y brocas utilizadas en el sistema de perforación frontenero, sostenimiento y cónico aplicados en la unidad minera Orcopampa, se elaboraron los indicadores de rendimiento, vida útil, cantidad y costo total. Posteriormente se aplicó un análisis de regresión lineal con el fin de conocer en cuanto influyen la implementación de un taller de afilado y herramienta digital, en la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación. La optimización se midió a través del rendimiento y costo; y la implementación del taller de afilado y herramienta digital se va a medir a través de la cantidad de aceros utilizada en la perforación.

Por último, se comparó los resultados obtenidos, con y sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital, siendo el periodo sin el taller de afilado y herramienta digital, el de agosto del 2021 a enero del 2022; y el periodo que contempla el taller de afilado y herramienta digital de febrero a diciembre del 2022. Los modelos de regresión lineal utilizados, fueron los siguientes.

Con/Sin la herramienta digital y taller de afilado:

- Rendimiento de brocas y aceros = $a + \beta N_{F,S,C} + e$
- Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_{F,S,C} + e$

Donde:

- a: Intercepción u ordenada al origen.
- β : Pendiente que indica el cambio de la variable dependiente cuando la independiente varia en una unidad.
- $N_{F,S,C}$: Brocas y aceros utilizados en la perforación frontenero, sostenimiento y cónico.

4.1. Optimización de brocas y sistema de perforación

Para cumplir con el objetivo general: “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Se aplicaron los modelos de regresión: a) Rendimiento de brocas y aceros = $a + \beta N_{F,S,C} + e$; y b) Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_{F,S,C} + e$.

En la Tabla 11 se exponen los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación total, con y sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital.

Los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas utilizados, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital, arrojaron una correlación entre las variables dependiente e independiente de 89%, es decir que las variables están relacionadas en 89%. Un coeficiente de determinación de 79%, lo que indica que, los cambios en la cantidad de aceros determinan en un 79% los cambios en el costo del sistema de perforación. El p-valor del modelo es de 2%, al ser menor al 5%, determina que el modelo es estadísticamente significativo, con un nivel de confianza mayor al 95%. Adicionalmente, con los datos de la Tabla 8, se elaboró la siguiente ecuación:

- $Costo\ sistema\ de\ perforación\ total = -26,285 + 82 N_{F,S,C} + e...$ (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital)

Esta ecuación resultante contempla el periodo de agosto del 2021 a enero del 2022, periodo donde no se cuenta con la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En tal sentido, los resultados indican que, ante un cambio en una unidad en los aceros utilizados, el costo total se va a incrementar en 82 dólares.

En la misma tabla se muestran los resultados de la regresión entre el costo total y la cantidad de aceros considerando la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En tal sentido, se obtuvo un coeficiente de correlación de 71%, un coeficiente de determinación de 51% y un p-valor menor al 5%, revelando la significancia estadística del modelo. Adicionalmente, se obtuvo la siguiente ecuación:

- $Costo\ sistema\ de\ perforación\ total = 12,672 + 65 N_{F,S,C} + e...$ (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital)

Esta ecuación incluye los datos de la implementación del taller de afilado y herramienta digital de agosto del 2021 a marzo del 2022. Los resultados señalan que, ante un cambio en una unidad en los aceros utilizados, el costo total se va a incrementar en 65 dólares.

Como se puede observar la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación total de la unidad minera Orcopampa.

Tabla 11

Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación total

Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación total		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coefficiente de correlación	89%	71%
Coefficiente de determinación	79%	51%
Observaciones	6	11
p-valor modelo (< 0.05)	0.02*	0.02*
Intercepción	-26,285	12,672
Variable independiente	82	65
Ecuación	Costo sistema de perforación total = -26,285 + 82 MPT +E	Costo sistema de perforación total = 12,672 + 65 MPT +E

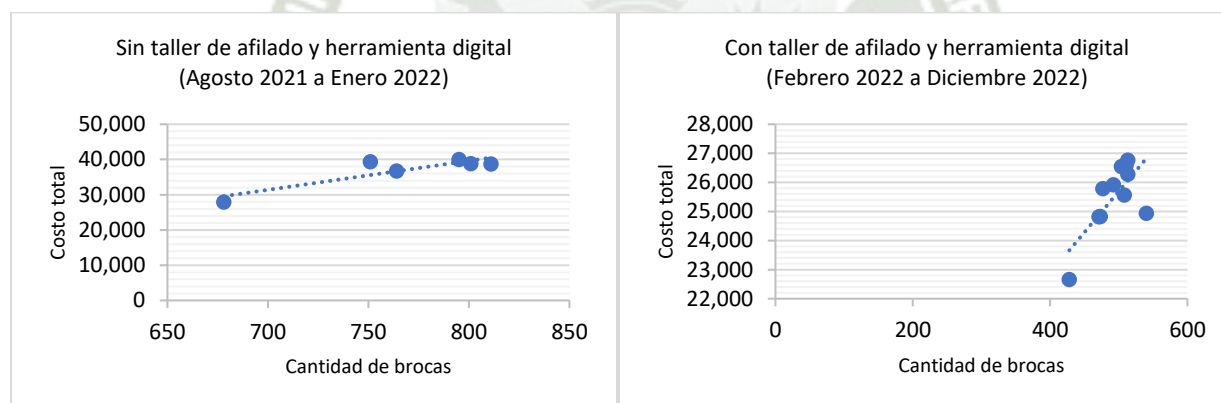
Nota: *El modelo es estadísticamente significativo.

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

Gráfico 1

Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación total



Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

En la Tabla 12 se exponen los resultados de la regresión entre el rendimiento total y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación total. Los resultados sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital, muestran una correlación entre las variables de 74%, y un coeficiente de determinación es de 55%. El p-valor es de 9%, al ser mayor al 5%, se determina que el modelo no es estadísticamente significativo.

En la misma tabla se muestran los resultados de la regresión entre el rendimiento total y la cantidad de aceros considerando la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En

tal sentido, se obtuvo un coeficiente de correlación de 16%, un coeficiente de determinación de 3% y un p-valor menor al 5%, indicando que no es significativo.

Adicionalmente, se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

- *Rendimiento brocas y aceros* = $-1,062 + 43 N + e$... (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital).
- *Rendimiento brocas y aceros* = $42,102 + 13 N_{F,S,C} + e$... (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital).

Tabla 12

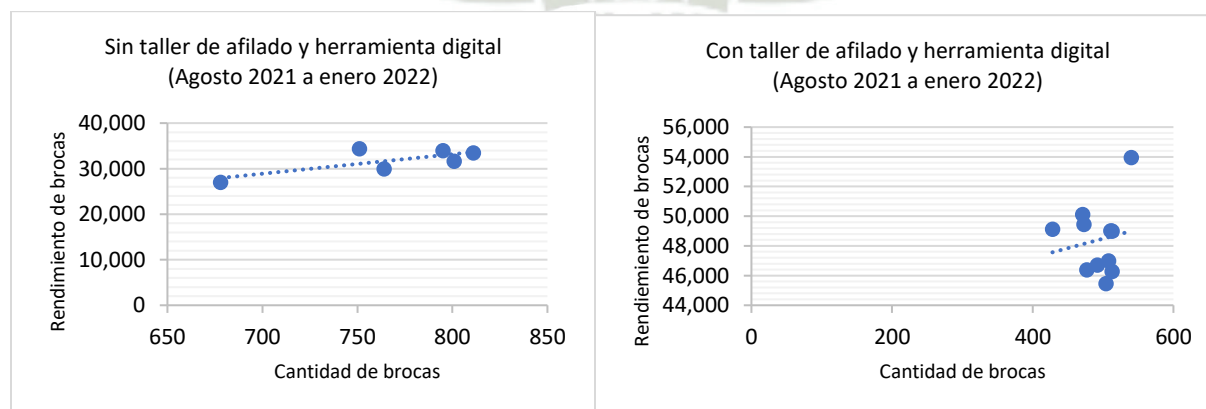
Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación total

Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación total		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coeficiente de correlación	74%	16%
Coeficiente de determinación	55%	3%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.09	0.64
Intercepción	-1,062	42,102
Variable independiente	43	13
Ecuación	Rendimiento brocas y aceros = $-1,062 + 43 N + E$	Rendimiento brocas y aceros = $42,102 + 13 N + E$

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Gráfico 2

Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación total



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

En cuanto a la hipótesis de la presente investigación, “Si se implementa la herramienta digital y taller de afilado, se podrá optimizar el consumo de brocas y sistema de perforación en la Unidad Minera Orcopampa”; se ha demostrado con los resultados de la aplicación del modelo de regresión que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital, ha optimizado el costo total de la unidad minera Orcopampa.

4.2. Optimización del sistema de perforación frontenero

Para cumplir con el objetivo específico: “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación frontenero, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Se aplicó el modelo de regresión: Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_F + e$.

En la Tabla 13, se exponen los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación frontenero, con y sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital.

Los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros utilizados, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital, indican que la correlación entre las variables dependiente e independiente es de 99%, es decir que las variables están relacionadas en 99%. El coeficiente de determinación es de 97%, lo que indica que, los cambios en la cantidad de aceros determinan en un 97% los cambios en el costo del sistema de perforación frontenero. El p-valor del modelo es menor al 5%, indicando que el modelo es estadísticamente significativo, con un nivel de confianza mayor al 95%. Adicionalmente, se logró armar la siguiente ecuación de regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación frontenero, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital:

- *Costo sistema de perforación frontenero* = $458 + 94 N_F + e \dots$ (sin taller de afilado y herramienta digital)

Los datos utilizados para llegar a esta ecuación comprenden el periodo de agosto del 2021 a enero del 2022, periodo donde no se cuenta con la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En tal sentido, los resultados indican que, ante un cambio en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el costo de la perforación frontenero, se va a incrementar en 94 dólares.

En la misma tabla se muestran los resultados de la regresión entre el costo total de la perforación frontenero y la cantidad de aceros y brocas utilizadas, con la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En este caso, el coeficiente de correlación fue de 95%, un coeficiente de determinación de 89% y un p-valor menor al 5%, revelando la significancia estadística del modelo. Adicionalmente, se obtuvo la siguiente ecuación:

- *Costo sistema de perforación frontenero* = 2,823 + 82 N_F + $e...$ (con taller de afilado y herramienta digital)

Esta ecuación incluye los datos de la implementación del taller de afilado y herramienta digital de agosto del 2021 a marzo del 2022. Los resultados señalan que, ante un cambio en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el costo total de la perforación frontenero, se va a incrementar en 82 dólares.

Como se puede observar la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación frontenero de la unidad minera Orcopampa.

Tabla 13

Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas de la perforación Frontenero

Regresión entre el costo y cantidad de aceros y brocas de la perforación Frontenero		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coeficiente de correlación	99%	95%
Coeficiente de determinación	97%	89%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.00*	0.00*
Intercepción	458	2,823
Variable independiente	94	82
Ecuación	Costo sistema de perforación frontenero = 458 + 94 MPF +E	Costo sistema de perforación frontenero =2,823 + 82 MPF +E

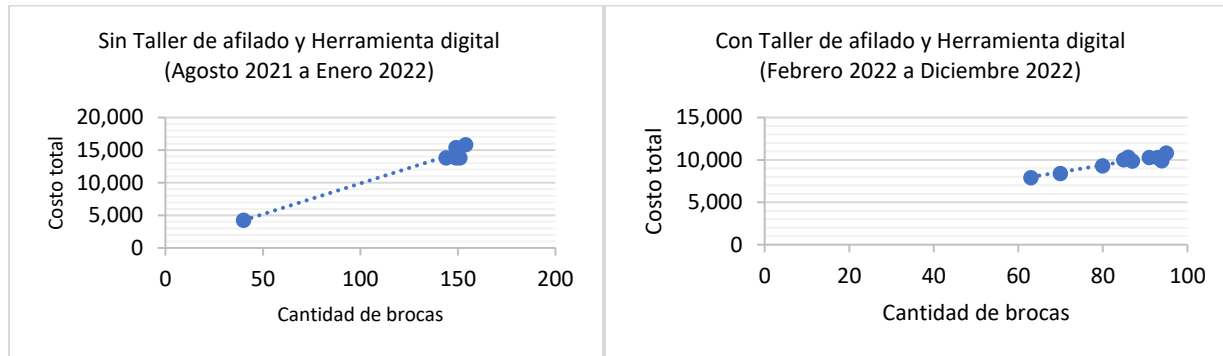
Nota: *El modelo es estadísticamente significativo.

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

Gráfico 3

Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación frontenero



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

En la Tabla 14 se exponen los resultados de la regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación frontenero. Los resultados del periodo agosto 2021 a enero 2022 (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital), muestran una correlación entre las variables de 87%, y un coeficiente de determinación es de 76%. El p-valor del modelo es de 2%, al ser menor al 5%, se determina que el modelo es estadísticamente significativo. En la misma tabla se muestran los resultados del periodo febrero a diciembre del 2022 (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital), donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 74%, un coeficiente de determinación de 54% y un p-valor de 1% menor al 5%, indicando que es significativo. Adicionalmente, se obtuvo las siguientes ecuaciones:

- $Rendimiento\ brocas\ y\ aceros = 12,672 + 65 N_{F,S,C} + e...$ (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital)
- $Rendimiento\ brocas\ y\ aceros = 44,886 - 131 N_{F,S,C} + e...$ (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital)

Los resultados de la primera ecuación señalan que, ante un incremento en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el rendimiento total va incrementarse en 65 metros (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital). Por otro lado, la segunda ecuación indica que, ante un incremento en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el rendimiento va disminuir en 131 y ante una reducción en una unidad los aceros y brocas utilizadas el rendimiento

va a incrementarse en 131 metros (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital).

Tabla 14

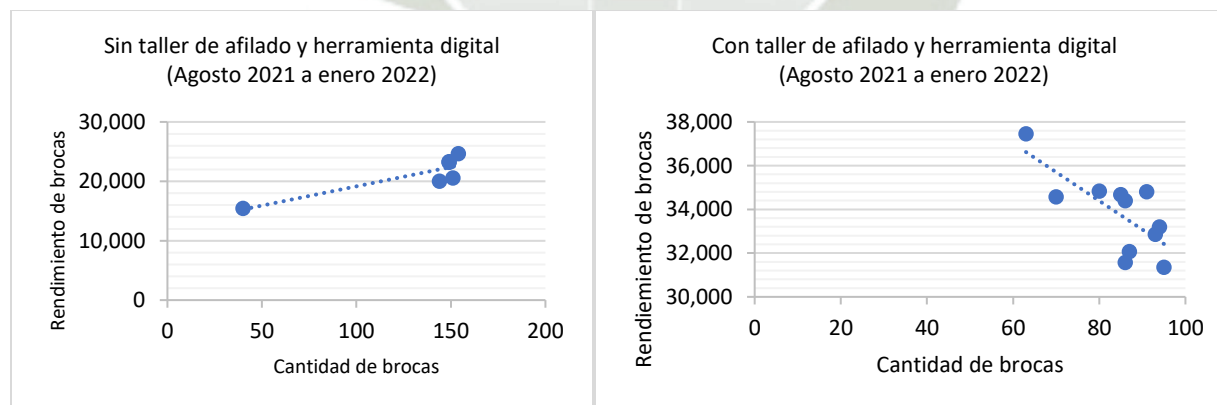
Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación Frontenero

Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación frontenero		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coefficiente de correlación	74%	16%
Coefficiente de determinación	55%	3%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.09	0.64
Intercepción	-1,062	42,102
Variable independiente	43	13
Ecuación	Rendimiento brocas y aceros = -1,062 + 43 N +E	Rendimiento brocas y aceros = 42,102 + 13 N +E

Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Gráfico 4

Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación frontenero



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

4.3. Optimización del sistema de perforación sostenimiento

Para cumplir con el objetivo específico: “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación sostenimiento, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Se aplicó el modelo de regresión: Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_s + e$.

En la Tabla 15, se exponen los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación sostenimiento, con y sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital.

Los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros utilizados, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital, indican que la correlación entre las variables dependiente e independiente es de 98%, es decir que las variables están relacionadas en 98%. El coeficiente de determinación es de 96%, lo que indica que, los cambios en la cantidad de aceros determinan en un 96% los cambios en el costo del sistema de perforación sostenimiento. El p-valor del modelo es menor al 5%, indicando que el modelo es estadísticamente significativo. Adicionalmente, se elaboró la siguiente ecuación de regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación sostenimiento, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital:

- *Costo sistema de perforación sostenimiento* = $-793 + 87 N_s + e \dots$ (sin taller de afilado y herramienta digital)

Los datos utilizados para llegar a esta ecuación comprenden el periodo de agosto del 2021 a enero del 2022, periodo donde no se cuenta con la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En tal sentido, los resultados indican que, ante un cambio en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el costo de la perforación sostenimiento, se va a incrementar en 87 dólares.

Asimismo, los resultados de la regresión entre el costo total de la perforación sostenimiento y la cantidad de aceros y brocas utilizadas, con la implementación del taller de afilado y herramienta digital, presentan un coeficiente de correlación fue de 98%, un coeficiente de determinación de 94% y un p-valor menor al 5%, revelando la significancia estadística del modelo. Adicionalmente, se obtuvo la siguiente ecuación:

- *Costo sistema de perforación sostenimiento* = $-440 + 74 N_s + e \dots$ (con taller de afilado y herramienta digital)

Esta ecuación incluye los datos de la implementación del taller de afilado y herramienta digital de agosto del 2021 a marzo del 2022. Los resultados señalan que, ante un cambio en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el costo total de la perforación sostenimiento, se va a incrementar en 74 dólares.

Como se puede observar la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación sostenimiento de la unidad minera Orcopampa.

Tabla 15

Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas de la perforación Sostenimiento

Regresión entre el costo y cantidad de aceros y brocas de la perforación Sostenimiento		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coefficiente de correlación	98%	94%
Coefficiente de determinación	96%	88%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.00*	0.00*
Intercepción	-793	440
Variable independiente	87	74
Ecuación	Costo sistema de perforación sostenimiento = -793 + 87 MPS +E	Costo sistema de perforación sostenimiento = -440 + 74 MPS +E

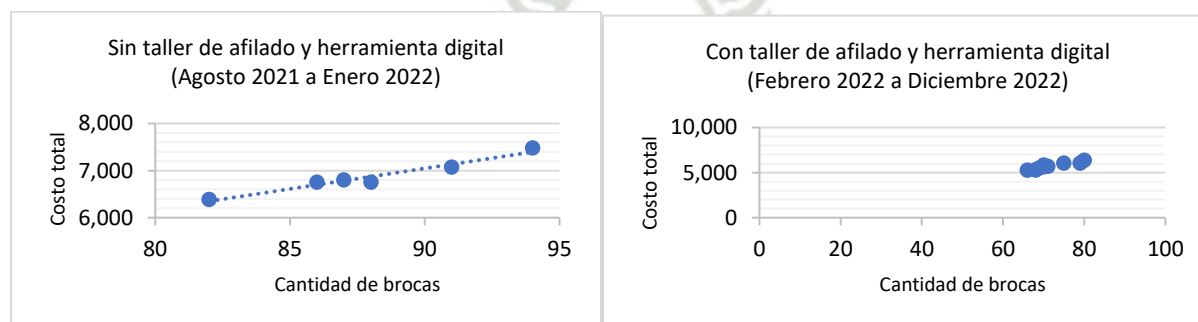
Nota: *El modelo es estadísticamente significativo.

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

Gráfico 5

Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación sostenimiento



Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

En la Tabla 16 se exponen los resultados de la regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación sostenimiento. Los resultados del periodo agosto 2021 a enero 2022 (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital), muestran una correlación entre las variables de 58%, y un coeficiente de determinación es de 33%. El p-valor del modelo es mayor al 5%, por lo que se determina que el modelo no es estadísticamente significativo. En la misma tabla se muestran los resultados del periodo febrero a diciembre del 2022 (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital), donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 61%, un coeficiente de determinación de 37% y un p-valor de 5%, indicando que es significativo. Adicionalmente, se obtuvo las siguientes ecuaciones:

- $Rendimiento\ brocas\ y\ aceros = 15,626 - 102 N_{F,S,C} + e...$ (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital)
- $Rendimiento\ brocas\ y\ aceros = 11,097 - 60 N_{F,S,C} + e...$ (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital)

Los resultados de la primera ecuación señalan que, ante un incremento en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el rendimiento total va disminuir en 102 metros (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital). Por otro lado, la segunda ecuación indica que, ante un incremento en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el rendimiento va disminuir en 60 y ante una reducción en una unidad los aceros y brocas utilizadas el rendimiento va a incrementarse en 60 metros (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital).

Tabla 16

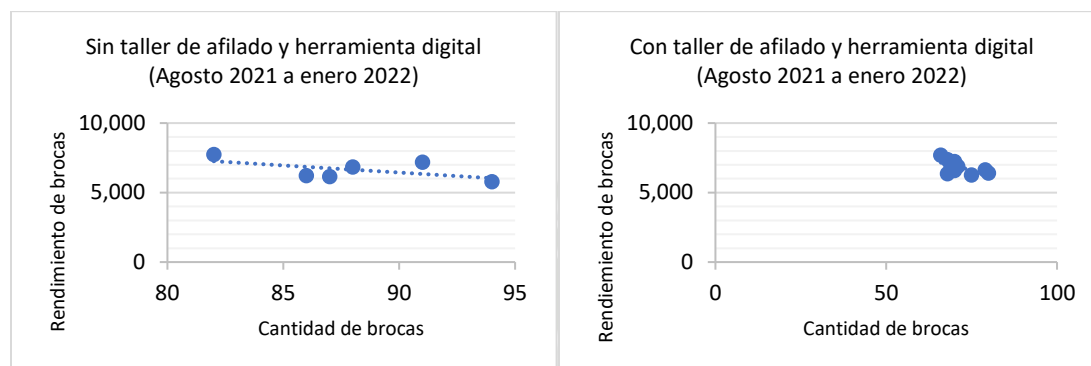
Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación sostenimiento

Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación frontenero		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coefficiente de correlación	58%	61%
Coefficiente de determinación	33%	37%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.23	0.05*
Intercepción	15,626	11,097
Variable independiente	-102	-60
Ecuación	Costo sistema de perforación sostenimiento = 15,626 - 102 MPS +E	Costo sistema de perforación sostenimiento = 11,097 - 60 MPS +E

Nota: *El modelo es estadísticamente significativo.
Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

Gráfico 6

Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación sostenimiento



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.

4.4. Optimización del sistema de perforación cónico

Para cumplir con el objetivo específico: “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación cónico, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Se aplicó el modelo de regresión: Costo de sistema de perforación = $a + \beta N_c + e$.

En la Tabla 17, se exponen los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación cónico, con y sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital.

Los resultados de la regresión entre el costo total y cantidad de aceros utilizados, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital, indican que la correlación entre las variables dependiente e independiente es de 91%, es decir que las variables están relacionadas en 91%. El coeficiente de determinación es de 83%, lo que indica que, los cambios en la cantidad de aceros determinan en un 83% los cambios en el costo del sistema de perforación sostenimiento. El p-valor del modelo es menor al 5%, indicando que el modelo es estadísticamente significativo. Adicionalmente, se elaboró la siguiente ecuación de regresión entre el costo total y cantidad de

aceros y brocas del sistema de perforación cónico, sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital:

- *Costo sistema de perforación cónico* = $-1,424 + 34 N_c + e \dots$ (sin taller de afilado y herramienta digital)

Los datos utilizados para llegar a esta ecuación comprenden el periodo de agosto del 2021 a enero del 2022, periodo donde no se cuenta con la implementación del taller de afilado y herramienta digital. En tal sentido, los resultados indican que, ante un cambio en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el costo de la perforación cónico, se va a incrementar en 34 dólares.

Asimismo, los resultados de la regresión entre el costo total de la perforación cónico y la cantidad de aceros y brocas utilizadas, con la implementación del taller de afilado y herramienta digital, presentan un coeficiente de correlación fue de 91%, un coeficiente de determinación de 83% y un p-valor menor al 5%, revelando la significancia estadística del modelo. Adicionalmente, se obtuvo la siguiente ecuación:

- *Costo sistema de perforación cónico* = $11,591 + 28 N_c + e \dots$ (con taller de afilado y herramienta digital)

Esta ecuación incluye los datos de la implementación del taller de afilado y herramienta digital de agosto del 2021 a marzo del 2022. Los resultados señalan que, ante un cambio en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el costo total de la perforación cónico, se va a incrementar en 28 dólares.

Como se puede observar la implementación del taller de afilado y herramienta digital presenta el mismo impacto sobre el costo del sistema de perforación cónico de la unidad minera Orcopampa.

Tabla 17

Regresión entre el costo total y cantidad de aceros y brocas de la perforación Sostenimiento

Regresión entre el costo y cantidad de aceros y brocas de la perforación Sostenimiento		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (enero 2022 a diciembre 2022)
Coefficiente de correlación	91%	91%
Coefficiente de determinación	83%	83%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.01*	0.00*
Intercepción	-1,424	11,591
Variable independiente	34	28
Ecuación	Costo sistema de perforación cónico = -1,424 + 34 MPC +E	Costo sistema de perforación cónico = 11,591 + 28 MPC +E

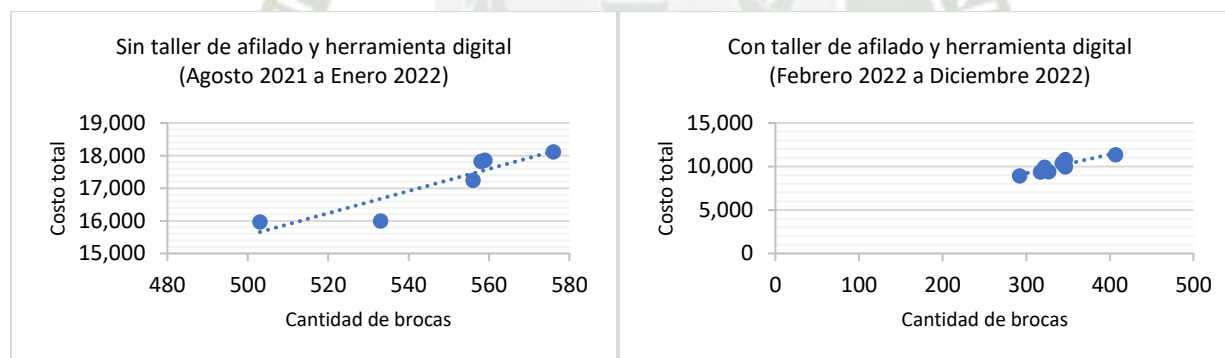
Nota: *El modelo es estadísticamente significativo.

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

Gráfico 7

Dispersión entre el costo total y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación cónico



Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

En la Tabla 18 se exponen los resultados de la regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas, del sistema de perforación sostenimiento. Los resultados del periodo agosto 2021 a enero 2022 (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital), muestran una correlación entre las variables de 2% y un p-valor es mayor al 5%, por lo que se determina que el modelo no es estadísticamente significativo. En la misma tabla se muestran los resultados del periodo febrero a diciembre del 2022 (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital), donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 60%, un coeficiente de determinación

de 36% y un p-valor de 5%, indicando que es significativo. Adicionalmente, se obtuvo las siguientes ecuaciones:

- $Rendimiento\ brocas\ y\ aceros = 3,873 + 0 N_{F,S,C} + e...$ (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital)
- $Rendimiento\ brocas\ y\ aceros = 1,837 + 18 N_{F,S,C} + e...$ (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital)

Los resultados de la primera ecuación señalan que, ante un incremento en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el rendimiento total no va a variar (sin la implementación del taller de afilado y herramienta digital). Por otro lado, la segunda ecuación indica que, ante un incremento en una unidad en los aceros y brocas utilizados, el rendimiento va a aumentar en 18 metros (con la implementación del taller de afilado y herramienta digital).

Tabla 18

Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación cónico

Regresión entre el rendimiento y cantidad de aceros y brocas del sistema de perforación frontenero		
	Sin taller de afilado y herramienta digital (agosto 2021 a enero 2022)	Con taller de afilado y herramienta digital (febrero 2022 a diciembre 2022)
Coefficiente de correlación	2%	60%
Coefficiente de determinación	0%	36%
Observaciones	6	11
p-valor modelo	0.97	0.05*
Intercepción	3,873	1,837
Variable independiente	0	18
Ecuación	Costo sistema de perforación cónico = $3,873 + 0 MPC + E$	Costo sistema de perforación cónico = $1,837 + 18 MPC + E$

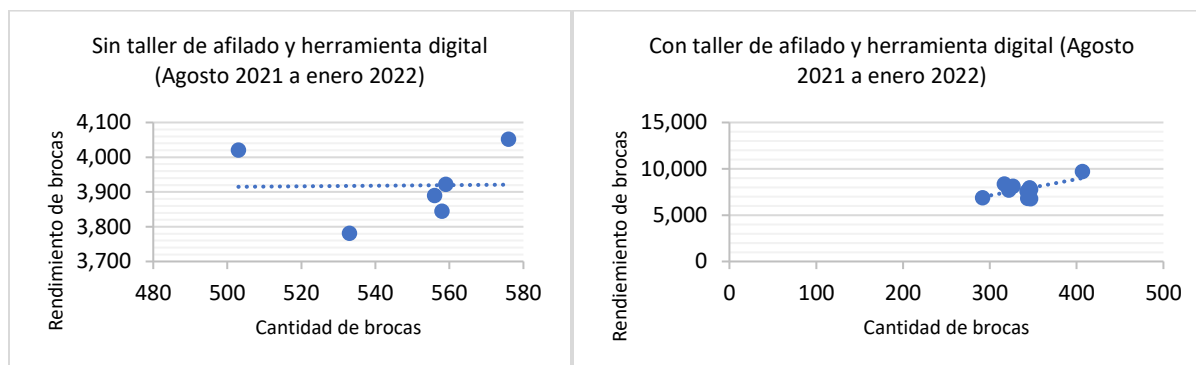
Nota: *El modelo es estadísticamente significativo.

Fuente: INCIMMET.

Elaboración propia.

Gráfico 8

Dispersión entre el rendimiento y la cantidad de brocas utilizadas del sistema de perforación cónico



Fuente: INCIMMET.
Elaboración propia.



CONCLUSIONES



Primera. De acuerdo al objetivo general, “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Los resultados demuestran que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación total de la unidad minera Orcopampa, pasando de 82 a 65 dólares por cada vez que se utilizó aceros y brocas. Adicionalmente, se logró obtener una mejora en el rendimiento del sistema de perforación total pasando de 27,028 m. en agosto del 2021 a 46,988 m. en diciembre del 2022.

Segunda. De acuerdo al objetivo específico, “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación frontenero, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Los resultados demuestran que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación frontenero, pasando de 94 a 82 dólares por cada vez que se utilizó aceros y brocas. Adicionalmente, se mejoró el rendimiento del sistema de perforación frontenero pasando de 15,412 m. en agosto del 2021 a 32,850 m. en diciembre del 2022.

Tercera. De acuerdo al objetivo específico, “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación sostenimiento, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Los resultados demuestran que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital disminuye el impacto sobre el costo del sistema de perforación sostenimiento, pasando de 87 a 74 dólares por cada vez que se utilizó aceros y brocas.

Cuarta. De acuerdo al objetivo específico, “Determinar la optimización del consumo de brocas y sistema de perforación cónico, mediante la implementación de taller de afilado y herramienta digital en la Unidad Minera Orcopampa”. Los resultados demuestran que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital influye en el impacto sobre el costo del sistema de perforación cónico, pasando de 34 a 28 dólares por cada vez que se utilizó aceros y brocas. Adicionalmente, se mejoró el rendimiento del sistema de perforación cónico pasando de 3,890 m. en agosto del 2021 a 7,778 m. en diciembre del 2022.

Quinta. En cuanto a la hipótesis de la presente investigación, “Si se implementa la herramienta digital y taller de afilado, se podrá optimizar el consumo de brocas y sistema de perforación en la Unidad Minera Orcopampa”; se ha demostrado con los resultados de la aplicación

del modelo de regresión que, la implementación del taller de afilado y herramienta digital, ha optimizado el costo del sistema de perforación total de la unidad minera Orcopampa.



RECOMENDACIONES



- Se recomienda a la empresa continuar con el taller de afilado y herramienta digital, ya que, se ha comprobado la mejora en el costo total y rendimiento de los sistemas de perforación utilizados.
- Se recomienda que, al momento de operar el equipo considerar el tipo de terreno y factores relacionados con el cambio.
- Se recomienda brindar capacitaciones a los operadores y ayudantes acerca del sistema de perforación, y forma de colocar los aceros.
- Se recomienda realizar el seguimiento diario de los equipos de perforación, con apoyo de los mecánicos para ingresar un determinado tiempo antes que el operador llegue al equipo para revisarlo y cuente con los parámetros óptimos en cuanto a presiones, verificando también que el sistema de perforación se encuentre en buen estado, esto permitirá que no se presenten inconvenientes para poder realizar el ciclo de perforación completo y evitar tener demoras operativas y fallas mecánicas que ocasionen la rotura prematura de los aceros de perforación.
- Se recomienda comprobar que el boom del equipo este alineado cuando se está perforando un buen ambiente y comunicación con los operadores de equipos y supervisores de guardia para consolidar la información obtenida en campo.
- Se recomienda realizar el seguimiento de la perforación de al menos 5 taladros para verificar que se cumpla y concuerde con lo que detalla en el reporte final.
- Se recomienda realizar futuros estudios sobre el mejoramiento de la vida útil de los aceros utilizados en la operación de sistemas de perforación.

REFERENCIAS

- Camarena Cosme, D. A. (2012). *Optimización de las brocas de 38,45mm y del sistema de perforación, con fines de disminuir costos en la UEA SEMIGLO de la empresa minera Atacocha S.A.* Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/OPTIMIZACION%20DE%20LAS%20BROCA S%20DE%2038,45mm%20Y%20DEL.pdf
- De La Cruz Rivas, A. W., & Oré Barja, J. J. (2020). *Implementación de la herramienta digital “Dashboard” en el control de las operaciones de producción y desarrollo en la Empresa Contratista Minera Miro Vidal y CÍA.S.A.C - Mina Animón.* Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/IMPLEMENTACION%20HERRAMIENTAS%20DIGITALERS.pdf
- Fabricante de equipos de afilado de brocas CME. (s.f.). Retrieved from <http://www.occidentalds.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/VS-220-HD-SP.pdf>
- Huatuco Sovero, C. Y. (2019). *Influencia de la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/Influencia%20de%20la%20supervisi%C3%B3n%20de%20las%20brocas%20de.pdf
- INCIMMET . (2021). *Soluciones integrales en excavacion.* Retrieved from https://incimmet.com/uploads/shares/nosotros/Brochures/Brochure_general_INCIMMET 2021.pdf
- Ortiz Brioso, Y. W. (2019). *Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A.* Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/Control%20de%20aceros%20de%20perforaci%C3%B3n%20de%20jumbos%20para%20su.pdf
- Sinche G. , L. (2022). *Training drill steel.* Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO.pdf

Torres Fidel, L. (2022). *Afilado de brocas – criterio de descarte Cia Minera Huarón*. Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/CRITERIOS%20DE%20DESCARTE.pdf

Urquiza Apaza, H. E. (2019). *Análisis del consumo de barrenos y brocas en corporación minera Ananea S.A.* Retrieved from file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS2022/An%C3%A1lisis%20del%20consumo%20de%20Obarrenos%20y%20brocas.pdf

Yañez. (2018). *INFORME DE PRACTICAS PREPROFESIONALES*. Retrieved from file:///C:/Users/HP/Downloads/INFORME%20DE%20PRACTICAS%20PREPROFESIONALES%20DE%20YA%C3%91EZ.pdf



ANEXOS



Anexo A: Data mensual

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 201	3,006	3,500	450851	SHANK Jumbo	43%	1503	2	213	425
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 201	3,006	3,500	350002	COUPLING	43%	1503	2	46	92
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 201	3,006	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	86%	3006	1	409	409
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 201	284	300	990084	BTN PILOT 102 mm	95%	284	1	239	239
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 201	2,722	320	111100	BIT BTN 45 mm	95%	302	9	49	445
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 212	5,507	3,500	450851	SHANK Jumbo	79%	2754	2	213	425
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 212	5,507	3,500	350002	COUPLING	79%	2754	2	46	92
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 212	5,507	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	79%	2754	2	409	819
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 212	520	300	990084	BTN PILOT 102 mm	87%	260	2	239	477
Ago-21	FRONTENERO	JUMBO 212	4,988	320	111100	BIT BTN 45 mm	92%	293	17	49	841
Ago-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,054	1,250	450862	Shank Bolter	282%	3527	2	137	275
Ago-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,054	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	101%	1008	7	225	1,576
Ago-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,054	200	111109	BTIN BTN 38 mm	93%	186	38	46	1,752
Ago-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,269	1,250	450862	Shank Bolter	140%	1756	3	137	412
Ago-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,269	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	105%	1054	5	225	1,125
Ago-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,269	200	111109	BTIN BTN 38 mm	98%	195	27	46	1,245
Ago-21	CONICO	JACK LEG	37,194	1,200	250160	Barra de 4 pies	107%	1283	29	65	1,875
Ago-21	CONICO	JACK LEG	37,194	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	87%	79	468	22	10,123
Ago-21	CONICO	JACK LEG	37,194	1,200	250161	Barra de 6 pies	100%	1200	31	82	2,529
Ago-21	CONICO	JACK LEG	37,194	1,200	250162	Barra de 8 pies	111%	1328	28	97	2,717
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 201	10,963	3,500	450851	SHANK Jumbo	78%	2741	4	213	850
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 201	10,963	3,500	350002	COUPLING	78%	2741	4	46	185
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 201	10,963	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	104%	3654	3	409	1,228
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 201	1,034	300	990084	BTN PILOT 102 mm	86%	259	4	239	955
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 201	9,929	320	111100	BIT BTN 45 mm	66%	211	47	49	2,325
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 212	19,583	3,500	450851	SHANK Jumbo	93%	3264	6	213	1,275
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 212	19,583	3,500	350002	COUPLING	93%	3264	6	46	277

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 212	19,583	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	93%	3264	6	409	2,456
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 212	1,847	300	990084	BTN PILOT 102 mm	103%	308	6	239	1,432
Set-21	FRONTENERO	JUMBO 212	17,735	320	111100	BIT BTN 45 mm	96%	306	58	49	2,869
Set-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,223	1,250	450862	Shank Bolter	144%	1806	4	137	549
Set-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,223	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	103%	1032	7	225	1,576
Set-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,223	200	111109	BTIN BTN 38 mm	95%	190	38	46	1,752
Set-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,520	1,250	450862	Shank Bolter	147%	1840	3	137	412
Set-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,520	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	110%	1104	5	225	1,125
Set-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,520	200	111109	BTIN BTN 38 mm	92%	184	30	46	1,383
Set-21	CONICO	JACK LEG	31,277	1,200	250160	Barra de 4 pies	97%	1158	27	65	1,745
Set-21	CONICO	JACK LEG	31,277	1,200	250161	Barra de 6 pies	104%	1251	25	82	2,040
Set-21	CONICO	JACK LEG	31,277	1,200	250162	Barra de 8 pies	109%	1303	24	97	2,328
Set-21	CONICO	JACK LEG	31,277	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	75%	68	457	22	9,885
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 201	12,169	3,500	450851	SHANK Jumbo	87%	3042	4	213	850
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 201	12,169	3,500	350002	COUPLING	87%	3042	4	46	185
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 201	12,169	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	87%	3042	4	409	1,637
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 201	1,148	300	990084	BTN PILOT 102 mm	96%	287	4	239	955
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 201	11,021	320	111100	BIT BTN 45 mm	64%	204	54	49	2,671
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 212	17,227	3,500	450851	SHANK Jumbo	98%	3445	5	213	1,063
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 212	17,227	3,500	350002	COUPLING	98%	3445	5	46	231
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 212	17,227	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	98%	3445	5	409	2,047
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 212	1,625	300	990084	BTN PILOT 102 mm	108%	325	5	239	1,193
Oct-21	FRONTENERO	JUMBO 212	15,602	320	111100	BIT BTN 45 mm	80%	256	61	49	3,018
Oct-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,939	1,250	450862	Shank Bolter	158%	1980	3	137	412
Oct-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,939	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	99%	990	6	225	1,351
Oct-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,939	200	111109	BTIN BTN 38 mm	96%	192	31	46	1,429
Oct-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,029	1,250	450862	Shank Bolter	214%	2676	3	137	412
Oct-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,029	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	115%	1147	7	225	1,576

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Oct-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,029	200	111109	BTIN BTN 38 mm	98%	196	41	46	1,890
Oct-21	CONICO	JACK LEG	41,302	1,200	250160	Barra de 4 pies	108%	1291	32	65	2,068
Oct-21	CONICO	JACK LEG	41,302	1,200	250161	Barra de 6 pies	104%	1252	33	82	2,692
Oct-21	CONICO	JACK LEG	41,302	1,200	250162	Barra de 8 pies	108%	1291	32	97	3,105
Oct-21	CONICO	JACK LEG	41,302	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	98%	89	462	22	9,993
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 201	11,346	3,500	450851	SHANK Jumbo	108%	3782	3	213	638
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 201	11,346	3,500	350002	COUPLING	108%	3782	3	46	139
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 201	11,346	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	81%	2837	4	409	1,637
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 201	1,070	300	990084	BTN PILOT 102 mm	89%	268	4	239	955
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 201	10,276	320	111100	BIT BTN 45 mm	62%	198	52	49	2,572
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 212	15,771	3,500	450851	SHANK Jumbo	90%	3154	5	213	1,063
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 212	15,771	3,500	350002	COUPLING	90%	3154	5	46	231
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 212	15,771	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	90%	3154	5	409	2,047
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 212	1,488	300	990084	BTN PILOT 102 mm	99%	298	5	239	1,193
Nov-21	FRONTENERO	JUMBO 212	14,283	320	111100	BIT BTN 45 mm	81%	260	55	49	2,721
Nov-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,394	1,250	450862	Shank Bolter	144%	1798	3	137	412
Nov-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,394	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	108%	1079	5	225	1,125
Nov-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,394	200	111109	BTIN BTN 38 mm	93%	186	29	46	1,337
Nov-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,517	1,250	450862	Shank Bolter	150%	1879	4	137	549
Nov-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,517	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	107%	1074	7	225	1,576
Nov-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,517	200	111109	BTIN BTN 38 mm	99%	198	38	46	1,752
Nov-21	CONICO	JACK LEG	41,302	1,200	250160	Barra de 4 pies	119%	1424	29	65	1,875
Nov-21	CONICO	JACK LEG	41,302	1,200	250161	Barra de 6 pies	108%	1291	32	82	2,611
Nov-21	CONICO	JACK LEG	41,302	1,200	250162	Barra de 8 pies	104%	1252	33	97	3,202
Nov-21	CONICO	JACK LEG	41,302	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	94%	86	482	22	10,426
Nov-21	FRONTENERO	MUKY	1,061	1,250	450862	Shank Bolter	85%	1061	1	137	137
Nov-21	FRONTENERO	MUKY	1,061	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	106%	1061	1	225	225
Nov-21	FRONTENERO	MUKY	1,061	200	111109	BTIN BTN 38 mm	88%	177	6	46	277

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 201	17,179	3,500	450851	SHANK Jumbo	98%	3436	5	213	1,063
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 201	17,179	3,500	350002	COUPLING	98%	3436	5	46	231
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 201	17,179	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	98%	3436	5	409	2,047
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 201	1,621	300	990084	BTN PILOT 102 mm	108%	324	5	239	1,193
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 201	15,558	320	111100	BIT BTN 45 mm	113%	362	43	49	2,127
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 212	18,784	3,500	450851	SHANK Jumbo	89%	3131	6	213	1,275
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 212	18,784	3,500	350002	COUPLING	89%	3131	6	46	277
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 212	18,784	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	89%	3131	6	409	2,456
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 212	1,772	300	990084	BTN PILOT 102 mm	98%	295	6	239	1,432
Dic-21	FRONTENERO	JUMBO 212	17,012	320	111100	BIT BTN 45 mm	98%	315	54	49	2,671
Dic-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,394	1,250	450862	Shank Bolter	144%	1798	3	137	412
Dic-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,394	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	108%	1079	5	225	1,125
Dic-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,394	200	111109	BTIN BTN 38 mm	96%	193	28	46	1,291
Dic-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,517	1,250	450862	Shank Bolter	200%	2506	3	137	412
Dic-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,517	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	107%	1074	7	225	1,576
Dic-21	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,517	200	111109	BTIN BTN 38 mm	89%	179	42	46	1,936
Dic-21	CONICO	JACK LEG	40,912	1,200	250160	Barra de 4 pies	92%	1106	37	65	2,392
Dic-21	CONICO	JACK LEG	40,912	1,200	250161	Barra de 6 pies	103%	1240	33	82	2,692
Dic-21	CONICO	JACK LEG	40,912	1,200	250162	Barra de 8 pies	118%	1411	29	97	2,814
Dic-21	CONICO	JACK LEG	40,912	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	97%	89	459	22	9,928
Dic-21	FRONTENERO	MUKY	1,061	1,250	450862	Shank Bolter	85%	1061	1	137	137
Dic-21	FRONTENERO	MUKY	1,061	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	106%	1061	1	225	225
Dic-21	FRONTENERO	MUKY	1,061	200	111109	BTIN BTN 38 mm	88%	177	6	46	277
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,297	3,500	450851	SHANK Jumbo	102%	3574	4	213	850
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,297	3,500	350002	COUPLING	102%	3574	4	46	185
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,297	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	82%	2859	5	409	2,047
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,349	300	990084	BTN PILOT 102 mm	90%	270	5	239	1,193
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 201	12,948	320	111100	BIT BTN 45 mm	96%	308	42	49	2,078

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,979	3,500	450851	SHANK Jumbo	95%	3330	6	213	1,275
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,979	3,500	350002	COUPLING	95%	3330	6	46	277
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,979	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	95%	3330	6	409	2,456
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,885	300	990084	BTN PILOT 102 mm	105%	314	6	239	1,432
Ene-22	FRONTENERO	JUMBO 212	18,095	320	111100	BIT BTN 45 mm	107%	341	53	49	2,622
Ene-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,343	1,250	450862	Shank Bolter	142%	1781	3	137	412
Ene-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,343	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	107%	1069	5	225	1,125
Ene-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,343	200	111109	BTIN BTN 38 mm	99%	198	27	46	1,245
Ene-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,672	1,250	450862	Shank Bolter	116%	1445	6	137	824
Ene-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,672	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	108%	1084	8	225	1,801
Ene-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,672	200	111109	BTIN BTN 38 mm	96%	193	45	46	2,075
Ene-22	CONICO	JACK LEG	37,789	1,200	250160	Barra de 4 pies	98%	1181	32	65	2,068
Ene-22	CONICO	JACK LEG	37,789	1,200	250161	Barra de 6 pies	112%	1350	28	82	2,285
Ene-22	CONICO	JACK LEG	37,789	1,200	250162	Barra de 8 pies	117%	1400	27	97	2,620
Ene-22	CONICO	JACK LEG	37,789	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	99%	91	416	22	8,998
Ene-22	FRONTENERO	MUKY	2,407	1,250	450862	Shank Bolter	193%	2407	1	137	137
Ene-22	FRONTENERO	MUKY	2,407	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	80%	802	3	225	675
Ene-22	FRONTENERO	MUKY	2,407	200	111109	BTIN BTN 38 mm	93%	185	13	46	599
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,614	3,500	450851	SHANK Jumbo	139%	4871	3	213	638
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,614	3,500	350002	COUPLING	139%	4871	3	46	139
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,614	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	139%	4871	3	409	1,228
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,379	300	990084	BTN PILOT 102 mm	230%	689	2	239	477
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,235	320	111100	BIT BTN 45 mm	318%	1018	13	49	643
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 212	23,494	3,500	450851	SHANK Jumbo	134%	4699	5	213	1,063
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 212	23,494	3,500	350002	COUPLING	134%	4699	5	46	231
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 212	23,494	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	168%	5874	4	409	1,637
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 212	2,216	300	990084	BTN PILOT 102 mm	369%	1108	2	239	477
Feb-22	FRONTENERO	JUMBO 212	21,278	320	111100	BIT BTN 45 mm	391%	1252	17	49	841

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Feb-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	4,612	1,250	450862	Shank Bolter	123%	1537	3	137	412
Feb-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	4,612	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	154%	1537	3	225	675
Feb-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	4,612	200	111109	BTIN BTN 38 mm	128%	256	18	46	830
Feb-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	9,452	1,250	450862	Shank Bolter	126%	1575	6	137	824
Feb-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	9,452	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	158%	1575	6	225	1,351
Feb-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	9,452	200	111109	BTIN BTN 38 mm	139%	278	34	46	1,567
Feb-22	CONICO	JACK LEG	38,921	1,200	250160	Barra de 4 pies	405%	4865	8	65	517
Feb-22	CONICO	JACK LEG	38,921	1,200	250161	Barra de 6 pies	180%	2162	18	82	1,469
Feb-22	CONICO	JACK LEG	38,921	1,200	250162	Barra de 8 pies	216%	2595	15	97	1,455
Feb-22	CONICO	JACK LEG	38,921	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	116%	106	366	22	7,917
Feb-22	FRONTENERO	MUKY	1,556	1,250	450862	Shank Bolter	124%	1556	1	137	137
Feb-22	FRONTENERO	MUKY	1,556	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	156%	1556	1	225	225
Feb-22	FRONTENERO	MUKY	1,556	200	111109	BTIN BTN 38 mm	194%	389	4	46	184
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,768	3,500	450851	SHANK Jumbo	131%	4589	3	213	638
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,768	3,500	350002	COUPLING	131%	4589	3	46	139
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,768	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	131%	4589	3	409	1,228
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,304	300	990084	BTN PILOT 102 mm	217%	652	2	239	477
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,768	320	111100	BIT BTN 45 mm	359%	1147	12	49	594
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,214	3,500	450851	SHANK Jumbo	110%	3843	5	213	1,063
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,214	3,500	350002	COUPLING	110%	3843	5	46	231
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,214	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	137%	4803	4	409	1,637
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,516	300	990084	BTN PILOT 102 mm	253%	758	2	239	477
Mar-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,214	320	111100	BIT BTN 45 mm	334%	1067	18	49	890
Mar-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,172	1,250	450862	Shank Bolter	165%	2057	3	137	412
Mar-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,172	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	154%	1543	4	225	900
Mar-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,172	200	111109	BTIN BTN 38 mm	154%	309	20	46	922
Mar-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,817	1,250	450862	Shank Bolter	156%	1954	4	137	549
Mar-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,817	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	156%	1563	5	225	1,125

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Mar-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,817	200	111109	BTIN BTN 38 mm	130%	261	30	46	1,383
Mar-22	CONICO	JACK LEG	31,192	1,200	250160	Barra de 4 pies	236%	2836	11	65	711
Mar-22	CONICO	JACK LEG	31,192	1,200	250161	Barra de 6 pies	153%	1835	17	82	1,387
Mar-22	CONICO	JACK LEG	31,192	1,200	250162	Barra de 8 pies	173%	2079	15	97	1,455
Mar-22	CONICO	JACK LEG	31,192	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	137%	125	249	22	5,386
Mar-22	FRONTENERO	MUKY	2,926	1,250	450862	Shank Bolter	234%	2926	1	137	137
Mar-22	FRONTENERO	MUKY	2,926	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	146%	1463	2	225	450
Mar-22	FRONTENERO	MUKY	2,926	200	111109	BTIN BTN 38 mm	146%	293	10	46	461
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,360	3,500	450851	SHANK Jumbo	146%	5120	3	213	638
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,360	3,500	350002	COUPLING	146%	5120	3	46	139
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,360	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	146%	5120	3	409	1,228
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,453	300	990084	BTN PILOT 102 mm	161%	484	3	239	716
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,907	320	111100	BIT BTN 45 mm	256%	818	17	49	841
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,931	3,500	450851	SHANK Jumbo	114%	3986	5	213	1,063
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,931	3,500	350002	COUPLING	114%	3986	5	46	231
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,931	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	142%	4983	4	409	1,637
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,858	300	990084	BTN PILOT 102 mm	206%	619	3	239	716
Abr-22	FRONTENERO	JUMBO 212	18,073	320	111100	BIT BTN 45 mm	257%	821	22	49	1,088
Abr-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,262	1,250	450862	Shank Bolter	125%	1565	4	137	549
Abr-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,262	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	157%	1565	4	225	900
Abr-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,262	200	111109	BTIN BTN 38 mm	149%	298	21	46	968
Abr-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,014	1,250	450862	Shank Bolter	128%	1603	5	137	687
Abr-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,014	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	160%	1603	5	225	1,125
Abr-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,014	200	111109	BTIN BTN 38 mm	125%	250	32	46	1,475
Abr-22	CONICO	JACK LEG	39,123	1,200	250160	Barra de 4 pies	233%	2795	14	65	905
Abr-22	CONICO	JACK LEG	39,123	1,200	250161	Barra de 6 pies	217%	2608	15	82	1,224
Abr-22	CONICO	JACK LEG	39,123	1,200	250162	Barra de 8 pies	181%	2174	18	97	1,746
Abr-22	CONICO	JACK LEG	39,123	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	156%	142	275	22	5,948

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Abr-22	FRONTENERO	MUKY	2,346	1,250	450862	Shank Bolter	188%	2346	1	137	137
Abr-22	FRONTENERO	MUKY	2,346	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	117%	1173	2	225	450
Abr-22	FRONTENERO	MUKY	2,346	200	111109	BTIN BTN 38 mm	130%	261	9	46	415
May-22	FRONTENERO	JUMBO 201	16,278	3,500	450851	SHANK Jumbo	116%	4069	4	213	850
May-22	FRONTENERO	JUMBO 201	16,278	3,500	350002	COUPLING	116%	4069	4	46	185
May-22	FRONTENERO	JUMBO 201	16,278	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	155%	5426	3	409	1,228
May-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,424	300	990084	BTN PILOT 102 mm	158%	475	3	239	716
May-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,853	320	111100	BIT BTN 45 mm	258%	825	18	49	890
May-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,678	3,500	450851	SHANK Jumbo	112%	3936	5	213	1,063
May-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,678	3,500	350002	COUPLING	112%	3936	5	46	231
May-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,678	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	141%	4920	4	409	1,637
May-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,584	300	990084	BTN PILOT 102 mm	176%	528	3	239	716
May-22	FRONTENERO	JUMBO 212	18,095	320	111100	BIT BTN 45 mm	236%	754	24	49	1,187
May-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	7,092	1,250	450862	Shank Bolter	142%	1773	4	137	549
May-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	7,092	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	142%	1418	5	225	1,125
May-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	7,092	200	111109	BTIN BTN 38 mm	154%	308	23	46	1,060
May-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,092	1,250	450862	Shank Bolter	113%	1418	5	137	687
May-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,092	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	142%	1418	5	225	1,125
May-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,092	200	111109	BTIN BTN 38 mm	127%	253	28	46	1,291
May-22	CONICO	JACK LEG	39,123	1,200	250160	Barra de 4 pies	204%	2445	16	65	1,034
May-22	CONICO	JACK LEG	39,123	1,200	250161	Barra de 6 pies	204%	2445	16	82	1,305
May-22	CONICO	JACK LEG	39,123	1,200	250162	Barra de 8 pies	148%	1778	22	97	2,134
May-22	CONICO	JACK LEG	39,123	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	146%	134	293	22	6,338
May-22	FRONTENERO	MUKY	2,839	1,250	450862	Shank Bolter	114%	1420	2	137	275
May-22	FRONTENERO	MUKY	2,839	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	142%	1420	2	225	450
May-22	FRONTENERO	MUKY	2,839	200	111109	BTIN BTN 38 mm	142%	284	10	46	461
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,736	3,500	450851	SHANK Jumbo	140%	4912	3	213	638
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,736	3,500	350002	COUPLING	140%	4912	3	46	139

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,736	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	105%	3684	4	409	1,637
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,254	300	990084	BTN PILOT 102 mm	105%	314	4	239	955
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,482	320	111100	BIT BTN 45 mm	201%	642	21	49	1,039
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,384	3,500	450851	SHANK Jumbo	128%	4477	5	213	1,063
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,384	3,500	350002	COUPLING	128%	4477	5	46	231
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,384	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	160%	5596	4	409	1,637
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,507	300	990084	BTN PILOT 102 mm	167%	502	3	239	716
Jun-22	FRONTENERO	JUMBO 212	20,878	320	111100	BIT BTN 45 mm	326%	1044	20	49	989
Jun-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,433	1,250	450862	Shank Bolter	109%	1358	4	137	549
Jun-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,433	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	136%	1358	4	225	900
Jun-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,433	200	111109	BTIN BTN 38 mm	136%	272	20	46	922
Jun-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,237	1,250	450862	Shank Bolter	165%	2059	4	137	549
Jun-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,237	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	206%	2059	4	225	900
Jun-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,237	200	111109	BTIN BTN 38 mm	129%	257	32	46	1,475
Jun-22	CONICO	JACK LEG	35,424	1,200	250160	Barra de 4 pies	268%	3220	11	65	711
Jun-22	CONICO	JACK LEG	37,426	1,200	250161	Barra de 6 pies	223%	2673	14	82	1,142
Jun-22	CONICO	JACK LEG	37,426	1,200	250162	Barra de 8 pies	195%	2339	16	97	1,552
Jun-22	CONICO	JACK LEG	37,426	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	148%	136	276	22	5,970
Jun-22	FRONTENERO	MUKY	2,405	1,250	450862	Shank Bolter	192%	2405	1	137	137
Jun-22	FRONTENERO	MUKY	2,405	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	120%	1202	2	225	450
Jun-22	FRONTENERO	MUKY	2,405	200	111109	BTIN BTN 38 mm	109%	219	11	46	507
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,313	3,500	450851	SHANK Jumbo	102%	3578	4	213	850
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,313	3,500	350002	COUPLING	102%	3578	4	46	185
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,313	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	136%	4771	3	409	1,228
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,369	300	990084	BTN PILOT 102 mm	152%	456	3	239	716
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 201	12,944	320	111100	BIT BTN 45 mm	184%	588	22	49	1,088
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 212	24,385	3,500	450851	SHANK Jumbo	139%	4877	5	213	1,063
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 212	24,385	3,500	350002	COUPLING	139%	4877	5	46	231

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 212	24,385	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	139%	4877	5	409	2,047
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,848	300	990084	BTN PILOT 102 mm	154%	462	4	239	955
Jul-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,538	320	111100	BIT BTN 45 mm	293%	939	24	49	1,187
Jul-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	4,533	1,250	450862	Shank Bolter	121%	1511	3	137	412
Jul-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	4,533	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	113%	1133	4	225	900
Jul-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	4,533	200	111109	BTIN BTN 38 mm	126%	252	18	46	830
Jul-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	9,433	1,250	450862	Shank Bolter	151%	1887	5	137	687
Jul-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	9,433	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	189%	1887	5	225	1,125
Jul-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	9,433	200	111109	BTIN BTN 38 mm	139%	277	34	46	1,567
Jul-22	CONICO	JACK LEG	36,844	1,200	250160	Barra de 4 pies	307%	3684	10	65	646
Jul-22	CONICO	JACK LEG	36,844	1,200	250161	Barra de 6 pies	192%	2303	16	82	1,305
Jul-22	CONICO	JACK LEG	36,844	1,200	250162	Barra de 8 pies	146%	1754	21	97	2,037
Jul-22	CONICO	JACK LEG	36,844	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	147%	134	275	22	5,948
Jul-22	FRONTENERO	MUKY	1,466	1,250	450862	Shank Bolter	117%	1466	1	137	137
Jul-22	FRONTENERO	MUKY	1,466	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	73%	733	2	225	450
Jul-22	FRONTENERO	MUKY	1,466	200	111109	BTIN BTN 38 mm	183%	366	4	46	184
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,483	3,500	450851	SHANK Jumbo	128%	4494	3	213	638
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,483	3,500	350002	COUPLING	128%	4494	3	46	139
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,483	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	128%	4494	3	409	1,228
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,426	300	990084	BTN PILOT 102 mm	158%	475	3	239	716
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 201	12,057	320	111100	BIT BTN 45 mm	151%	482	25	49	1,237
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,429	3,500	450851	SHANK Jumbo	139%	4857	4	213	850
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,429	3,500	350002	COUPLING	139%	4857	4	46	185
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,429	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	139%	4857	4	409	1,637
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,215	300	990084	BTN PILOT 102 mm	135%	405	3	239	716
Ago-22	FRONTENERO	JUMBO 212	18,214	320	111100	BIT BTN 45 mm	211%	675	27	49	1,336
Ago-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,232	1,250	450862	Shank Bolter	125%	1558	4	137	549
Ago-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,232	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	125%	1246	5	225	1,125

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Ago-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,232	200	111109	BTIN BTN 38 mm	125%	249	25	46	1,153
Ago-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,433	1,250	450862	Shank Bolter	119%	1487	5	137	687
Ago-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,433	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	149%	1487	5	225	1,125
Ago-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,433	200	111109	BTIN BTN 38 mm	120%	240	31	46	1,429
Ago-22	CONICO	JACK LEG	32,655	1,200	250160	Barra de 4 pies	247%	2969	11	65	711
Ago-22	CONICO	JACK LEG	32,655	1,200	250161	Barra de 6 pies	160%	1921	17	82	1,387
Ago-22	CONICO	JACK LEG	32,655	1,200	250162	Barra de 8 pies	151%	1814	18	97	1,746
Ago-22	CONICO	JACK LEG	32,655	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	120%	110	298	22	6,446
Ago-22	FRONTENERO	MUKY	2,846	1,250	450862	Shank Bolter	114%	1423	2	137	275
Ago-22	FRONTENERO	MUKY	2,846	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	142%	1423	2	225	450
Ago-22	FRONTENERO	MUKY	2,846	200	111109	BTIN BTN 38 mm	129%	259	11	46	507
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,725	3,500	450851	SHANK Jumbo	150%	5242	3	213	638
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,725	3,500	350002	COUPLING	150%	5242	3	46	139
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,725	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	112%	3931	4	409	1,637
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,439	300	990084	BTN PILOT 102 mm	120%	360	4	239	955
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,286	320	111100	BIT BTN 45 mm	235%	752	19	49	940
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,742	3,500	450851	SHANK Jumbo	141%	4936	4	213	850
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,742	3,500	350002	COUPLING	141%	4936	4	46	185
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,742	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	141%	4936	4	409	1,637
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,648	300	990084	BTN PILOT 102 mm	183%	549	3	239	716
Set-22	FRONTENERO	JUMBO 212	18,095	320	111100	BIT BTN 45 mm	246%	787	23	49	1,138
Set-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,327	1,250	450862	Shank Bolter	101%	1265	5	137	687
Set-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,327	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	127%	1265	5	225	1,125
Set-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	6,327	200	111109	BTIN BTN 38 mm	138%	275	23	46	1,060
Set-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,427	1,250	450862	Shank Bolter	135%	1685	5	137	687
Set-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,427	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	169%	1685	5	225	1,125
Set-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,427	200	111109	BTIN BTN 38 mm	114%	228	37	46	1,706
Set-22	CONICO	JACK LEG	38,643	1,200	250160	Barra de 4 pies	215%	2576	15	65	970

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Set-22	CONICO	JACK LEG	38,643	1,200	250161	Barra de 6 pies	248%	2973	13	82	1,061
Set-22	CONICO	JACK LEG	38,643	1,200	250162	Barra de 8 pies	189%	2273	17	97	1,649
Set-22	CONICO	JACK LEG	38,643	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	140%	128	301	22	6,511
Set-22	FRONTENERO	MUKY	2,723	1,250	450862	Shank Bolter	109%	1362	2	137	275
Set-22	FRONTENERO	MUKY	2,723	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	136%	1362	2	225	450
Set-22	FRONTENERO	MUKY	2,723	200	111109	BTIN BTN 38 mm	136%	272	10	46	461
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,390	3,500	450851	SHANK Jumbo	110%	3847	4	213	850
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,390	3,500	350002	COUPLING	110%	3847	4	46	185
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 201	15,390	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	147%	5130	3	409	1,228
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,547	300	990084	BTN PILOT 102 mm	172%	516	3	239	716
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,842	320	111100	BIT BTN 45 mm	206%	659	21	49	1,039
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,463	3,500	450851	SHANK Jumbo	128%	4493	5	213	1,063
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,463	3,500	350002	COUPLING	128%	4493	5	46	231
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,463	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	128%	4493	5	409	2,047
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,676	300	990084	BTN PILOT 102 mm	140%	419	4	239	955
Oct-22	FRONTENERO	JUMBO 212	20,788	320	111100	BIT BTN 45 mm	250%	800	26	49	1,286
Oct-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	7,293	1,250	450862	Shank Bolter	117%	1459	5	137	687
Oct-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	7,293	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	146%	1459	5	225	1,125
Oct-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	7,293	200	111109	BTIN BTN 38 mm	182%	365	20	46	922
Oct-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,440	1,250	450862	Shank Bolter	149%	1860	4	137	549
Oct-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,440	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	186%	1860	4	225	900
Oct-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	7,440	200	111109	BTIN BTN 38 mm	116%	232	32	46	1,475
Oct-22	CONICO	JACK LEG	34,755	1,200	250160	Barra de 4 pies	223%	2673	13	65	840
Oct-22	CONICO	JACK LEG	34,755	1,200	250161	Barra de 6 pies	181%	2172	16	82	1,305
Oct-22	CONICO	JACK LEG	34,755	1,200	250162	Barra de 8 pies	263%	3160	11	97	1,067
Oct-22	CONICO	JACK LEG	34,755	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	132%	121	287	22	6,208
Oct-22	FRONTENERO	MUKY	2,437	1,250	450862	Shank Bolter	97%	1218	2	137	275
Oct-22	FRONTENERO	MUKY	2,437	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	122%	1218	2	225	450

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Oct-22	FRONTENERO	MUKY	2,437	200	111109	BTIN BTN 38 mm	111%	222	11	46	507
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,377	3,500	450851	SHANK Jumbo	137%	4792	3	213	638
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,377	3,500	350002	COUPLING	137%	4792	3	46	139
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,377	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	137%	4792	3	409	1,228
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,331	300	990084	BTN PILOT 102 mm	148%	444	3	239	716
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 201	13,046	320	111100	BIT BTN 45 mm	226%	725	18	49	890
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 212	24,463	3,500	450851	SHANK Jumbo	140%	4893	5	213	1,063
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 212	24,463	3,500	350002	COUPLING	140%	4893	5	46	231
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 212	24,463	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	140%	4893	5	409	2,047
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,626	300	990084	BTN PILOT 102 mm	181%	542	3	239	716
Nov-22	FRONTENERO	JUMBO 212	22,838	320	111100	BIT BTN 45 mm	246%	788	29	49	1,435
Nov-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,635	1,250	450862	Shank Bolter	113%	1409	4	137	549
Nov-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,635	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	141%	1409	4	225	900
Nov-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,635	200	111109	BTIN BTN 38 mm	122%	245	23	46	1,060
Nov-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,375	1,250	450862	Shank Bolter	134%	1675	5	137	687
Nov-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,375	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	167%	1675	5	225	1,125
Nov-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	8,375	200	111109	BTIN BTN 38 mm	110%	220	38	46	1,752
Nov-22	CONICO	JACK LEG	38,428	1,200	250160	Barra de 4 pies	267%	3202	12	65	776
Nov-22	CONICO	JACK LEG	38,428	1,200	250161	Barra de 6 pies	152%	1830	21	82	1,713
Nov-22	CONICO	JACK LEG	38,428	1,200	250162	Barra de 8 pies	200%	2402	16	97	1,552
Nov-22	CONICO	JACK LEG	38,428	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	143%	131	294	22	6,359
Nov-22	FRONTENERO	MUKY	2,949	1,250	450862	Shank Bolter	118%	1475	2	137	275
Nov-22	FRONTENERO	MUKY	2,949	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	147%	1475	2	225	450
Nov-22	FRONTENERO	MUKY	2,949	200	111109	BTIN BTN 38 mm	147%	295	10	46	461
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 201	16,365	3,500	450851	SHANK Jumbo	117%	4091	4	213	850
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 201	16,365	3,500	350002	COUPLING	117%	4091	4	46	185
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 201	16,365	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	117%	4091	4	409	1,637
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 201	1,479	300	990084	BTN PILOT 102 mm	164%	493	3	239	716

MES	TIPO DE TRABAJO	EQUIPO	METRAJE POR MES	VIDA ÚTIL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 201	14,886	320	111100	BIT BTN 45 mm	194%	620	24	49	1,187
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,454	3,500	450851	SHANK Jumbo	139%	4863	4	213	850
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,454	3,500	350002	COUPLING	139%	4863	4	46	185
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 212	19,454	3,500	220547	Barra de 14 pies Jumbo	139%	4863	4	409	1,637
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 212	1,188	300	990084	BTN PILOT 102 mm	132%	396	3	239	716
Dic-22	FRONTENERO	JUMBO 212	18,266	320	111100	BIT BTN 45 mm	228%	731	25	49	1,237
Dic-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,324	1,250	450862	Shank Bolter	106%	1331	4	137	549
Dic-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,324	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	133%	1331	4	225	900
Dic-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 202	5,324	200	111109	BTIN BTN 38 mm	127%	254	21	46	968
Dic-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	6,472	1,250	450862	Shank Bolter	129%	1618	4	137	549
Dic-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	6,472	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	162%	1618	4	225	900
Dic-22	SOSTENIMIENTO	BOLTER 211	6,472	200	111109	BTIN BTN 38 mm	104%	209	31	46	1,429
Dic-22	CONICO	JACK LEG	32,874	1,200	250160	Barra de 4 pies	274%	3287	10	65	646
Dic-22	CONICO	JACK LEG	32,874	1,200	250161	Barra de 6 pies	183%	2192	15	82	1,224
Dic-22	CONICO	JACK LEG	32,874	1,200	250162	Barra de 8 pies	183%	2192	15	97	1,455
Dic-22	CONICO	JACK LEG	32,874	91	950264	BITN BTN 38 mm Jackleg	117%	107	307	22	6,640
Dic-22	FRONTENERO	MUKY	2,355	1,250	450862	Shank Bolter	188%	2355	1	137	137
Dic-22	FRONTENERO	MUKY	2,355	1,000	220603	Barra 8 pies Bolter	118%	1177	2	225	450
Dic-22	FRONTENERO	MUKY	2,355	200	111109	BTIN BTN 38 mm	107%	214	11	46	507

Fuente: INCIMMET.

Anexo B: Validación de datos

Para la siguiente investigación, la base de datos recolectada comprende desde agosto del 2021 hasta diciembre del 2022. En cuanto a las pruebas de normalidad, dado que la cantidad de datos es menor a 50, se consideró la prueba de Shapiro – Wilk, la cual indico que los datos no siguen una distribución normal, ya que el p-valor es menor a 0.05. Posteriormente, para hallar la correlación entre las variables, se aplicó la correlación de Rho de Spearman para datos no paramétricos.

Tabla 19 Pruebas de normalidad

Perforación	Variables	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Frontenero	Rendimiento	,863	17	,017
	Cantidad	,867	17	,020
	Costo Total	,920	17	,145
Sostenimiento	Rendimiento	,559	17	,000
	Cantidad	,881	17	,027
	Costo Total	,654	17	,000
Cónico	Rendimiento	,884	17	,030
	Cantidad	,864	17	,014
	Costo Total	,847	17	,008
Sistema de perforación (frontenero - sostenimiento – cónico)	Rendimiento	,791	17	,001
	Cantidad	,851	17	,009
	Costo Total	,782	17	,001

Tabla 20 Correlación Rho Spearman

Rho de Spearman		Rendimiento y Cantidad	Costo Total y Cantidad
Frontenero	Coeficiente de correlación	-,541*	,910**
	Sig. (bilateral)	,025	,000
	N	17	17
Sostenimiento	Coeficiente de correlación	-,411	,988**
	Sig. (bilateral)	,102	,000
	N	17	17
Cónico	Coeficiente de correlación	-,664**	,963**
	Sig. (bilateral)	,004	,000
	N	17	17
Sistema de perforación (frontenero - sostenimiento – cónico)	Coeficiente de correlación	-,714**	,874**
	Sig. (bilateral)	,001	,000
	N	17	17

Nota: *La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).