

ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

**MAESTRÍA EN
GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL**



**Propuesta de mejora para el sistema de sostenimiento con
pernos helicoidales en las labores subterráneas de la
E.C.M. New Horus S.A.C., 2022**

**Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

**Maestro en
Gestión Minera y Ambiental**

Autor:

Ing. Mendoza Aguirre, Pedro Pablo

Docente Guía:

Mg. Christopher Niquén Espejo

TACNA – PERÚ

2022

Pedro Mendoza

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del (los) autor (es)”

ÍNDICE

Índice general	
CAPÍTULO I	11
Antecedentes del estudio	11
1.1. Título del tema	11
1.2. Planteamiento del problema	11
1.3. Objetivos de la Investigación	13
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	13
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	13
1.4. Metodología	13
1.4.1. <i>Enfoque de la investigación</i>	13
1.4.2. <i>Metodología propiamente dicha</i>	14
Diagnóstico	14
Plan de acción	17
Implementación y seguimiento.....	17
Evaluación	18
1.5. Justificación	18
1.5.1. <i>Justificación teórica</i>	18
1.5.2. <i>Justificación práctica</i>	18
1.5.3. <i>Justificación metodológica</i>	18
1.5.4. <i>Justificación tecnológica</i>	18
1.6. Definiciones	19

<i>Sistema de sostenimiento</i>	19
<i>Perno helicoidal</i>	19
<i>Labores mineras</i>	19
1.7. Alcances y limitaciones	19
1.7.1. <i>Alcances</i>	19
1.7.2. <i>Limitaciones</i>	20
1.8. Cronograma	21
CAPITULO II.....	22
Marco teórico.....	22
2.1. Bases teóricas de los tópicos	22
2.1.1. <i>Sistema de sostenimiento</i>	22
2.1.1.1. <i>Propósitos del sistema de sostenimiento</i>	22
<i>Soporte</i>	22
<i>Refuerzo</i>	23
<i>Retención</i>	23
2.1.1.2. <i>Tipos de sistemas de sostenimiento</i>	24
<i>Sostenimiento Pasivo (soporte)</i>	26
<i>Sostenimiento Activo (refuerzo)</i>	26
2.1.1.3. <i>Sistema de sostenimiento con pernos helicoidales</i>	29
Herramientas para Ajuste de Tuercas en Pernos	30
Llaves de Impacto	32

2.1.1.4.	<i>Periodos de evaluación de capacidad del sostenimiento</i>	38
2.1.1.5.	<i>Tipos de labores mineras</i>	38
2.2.	Análisis comparativo de las bases teóricas	40
2.3.	Análisis crítico	40
CAPÍTULO III.....		41
Marco Referencial		40
3.1.	Reseña histórica.....	40
3.2.	Filosofía organizacional.....	42
3.3.	Diseño organizacional	44
3.4.	Servicios.....	45
	<i>Perforación y voladura</i>	45
	<i>Sostenimiento</i>	44
	<i>Labores de Producción</i>	46
	<i>Labores de avance</i>	46
	<i>Carguío y acarreo</i>	46
	<i>Servicios Mina</i>	46
3.5.	Diagnóstico organizacional (FODA)	47
	<i>Fortalezas</i>	47
	<i>Oportunidades</i>	48
	<i>Debilidades</i>	48
	<i>Amenazas</i>	49

<i>Estrategias FO para atacar</i>	50
<i>Estrategias DO para movilizar</i>	50
<i>Estrategias FA para defender</i>	50
<i>Estrategias DA para reforzar</i>	51
CAPÍTULO IV	52
Resultados	52
4.1. Diagnóstico	52
4.1.1. <i>Diagnóstico Inicial</i>	52
Pernos Helicoidales Instalados con Tuercas Flojas	53
Pérdidas Económicas por Pernos mal Instalados con Llaves Convencionales	55
Tiempos de Ajuste en Tuercas con Llaves Convencionales	57
4.2. Diseño de la mejora	59
4.2.1. <i>Objetivos estratégicos</i>	59
4.2.2. <i>Generación de ideas para contramedidas</i>	61
4.2.3. <i>Plan de acción</i>	65
4.2.4. <i>Implementación de Contramedidas</i>	67
Factor Mano de Obra	67
Factor Materiales	70
Factor Maquinaria	71
Factor Método	75

4.2.5. <i>Resultados obtenidos</i>	79
Pernos Helicoidales Instalados con Tuercas Flojas	79
Pérdidas Económicas por Pernos Instalados con Tuercas Flojas	81
Tiempos de Ajuste en Tuercas con Llave de impacto	83
4.3. Mecanismos de control	86
4.3.1. <i>Sistema de medición de desempeño</i>	86
CAPÍTULO V	89
SUGERENCIAS	89
CONCLUSIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS.....	98

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Esquema de objetivos y metas trazadas	17
Tabla 2. Estadística de pernos instalados por mes (enero – junio 2022)	53
Tabla 3. Incidencia de pernos observados por mes (enero – junio 2022)	54
Tabla 4. Incidencia de pernos observados con tuercas flojas por mes (antes del proyecto).....	55
Tabla 5. Tiempos de ajuste en tuercas de pernos con llave Stilson	57
Tabla 6. Tiempos de ajuste en tuercas de pernos con dado largo	58
Tabla 7. Tiempo de instalación de 18 pernos por guardia (con llave Stilson).....	59
Tabla 8. Objetivos y metas trazadas	60
Tabla 9. Objetivos estratégicos según Porter	61
Tabla 10. Plan de acción según la Técnica 5W1H	66
Tabla 11. Estadística de pernos instalados por mes (diciembre 2022 – febrero 2023)	79
Tabla 12. Incidencia de pernos observados por mes (diciembre 2022 – febrero 2023)	80
Tabla 13. Incidencia de pernos observados con tuercas flojas por mes (después del proyecto)	81
Tabla 14. Tiempos de ajuste en tuercas de pernos con llave de impacto	83
Tabla 15. Tiempo de instalación de un perno de 7 pies con llave de impacto.....	84
Tabla 16. Resumen de resultados.....	85
Tabla 17. Tablero de medición de desempeño.....	87

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ajuste manual de tuerca en un perno helicoidal	12
Figura 2. Metodología PHVA	14
Figura 3. Gráfico de evaluación de Problemas	15
Figura 4. Gráfico de criterio: Duración del trabajo	15
Figura 5. Gráfico de criterio: Implicancia del problema.....	15
Figura 6. Gráfico de criterio: Inversión económica	16
Figura 7. Gráfico de criterio: Escala de Inversión económica.....	16
Figura 8. Gráfico de criterio: Resultados esperados	16
Figura 9. Propósitos del sistema de sostenimiento	23
Figura 10. Elementos de un sistema de sostenimiento según su propósito	24
Figura 11. Tipos de Sistemas de sostenimiento	25
Figura 12. Clasificación de pernos de anclaje	27
Figura 13. Perno helicoidal	28
Figura 14. Perno de cable (cable bolting)	29
Figura 15. Herramientas de mano para ajuste de tuercas en New Horus	31
Figura 16. Llave de impacto	32
Figura 17. Llave de impacto neumática	33
Figura 18. Longitud del perno helicoidal según sección a sostener	36
Figura 19. Detalles de la instalación del perno helicoidal	37
Figura 20. Ensayos de capacidad en elementos de sostenimiento	38

Figura 21. Tipos de labores mineras	39
Figura 22. Organigrama de E.C.M. New Horus S.A.C.....	44
Figura 23. Evaluación de Problemas en Sostenimiento con perno helicoidal	52
Figura 24. Cantidad de pernos (enero – junio 2022)	54
Figura 25. Pérdidas económicas por pernos instalados con tuercas flojas (enero – junio 2022)	56
Figura 26. Pérdida económica total (enero – junio 2022)	56
Figura 27. Generación de ideas mediante el método SCAMPER	62
Figura 28. Generación de ideas mediante la Técnica de las 6M	63
Figura 29. Capacitación en sostenimiento con perno empleando llave de impacto ..	67
Figura 30. Capacitación en IPERC en sostenimiento con perno y malla.....	68
Figura 31. Capacitación del instructivo: Uso de llave de impacto neumática en el sostenimiento con perno y malla	69
Figura 32. Eliminación de fugas de aire en tuberías de la CR NE del Nv. 1600.....	70
Figura 33. Instalación de purgadores en las redes de aire	71
Figura 34. Implementación de llave de impacto neumática	72
Figura 35. Checklist para llave de impacto neumática	74
Figura 36. Cantidad de pernos helicoidales observados (diciembre 2022 – febrero 2023)	80
Figura 37. Pérdidas económicas por pernos instalados con tuercas flojas (diciembre 2022 – febrero 2023)	81
Figura 38. Pérdida económica total (diciembre 2022 – febrero 2023)	81

CAPÍTULO I

Antecedentes de estudio

1.1. Título del Tema

Propuesta de mejora para el sistema de sostenimiento con pernos helicoidales en las labores subterráneas de la E.C.M. New Horus S.A.C., 2022.

1.2. Planteamiento del Problema

En búsqueda de la mejora continua de sus procesos, muchas empresas mineras apuntan por la excelencia operativa como solución a sus problemas de calidad, tiempo y costo invertido; involucrando continuamente a su personal, otros por medio de equipos que aporten calidad al trabajo entregado, de manera eficaz y eficiente, capaces de contrarrestar deficiencias como las obtenidas en el proceso de sostenimiento de labores subterráneas con pernos helicoidales; es el caso de la Empresa Contratista Minera New Horus SAC, cuyos trabajos en su mayoría (60 y 70% del total de pernos observados) no han sido remunerados por la falta de ajuste oportuno de sus pernos instalados, generando un ambiente inseguro para quienes trabajen y visiten sus instalaciones, incumplimiento las exigencias de su cliente principal, Compañía Minera Poderosa S.A. y ganando el desazón del gerente general de la empresa prestadora de servicios por dejar pasar márgenes de utilidades.

Actualmente, el ajuste de tuercas en pernos helicoidales es convencional mediante herramientas de mano; al no contar con una llave mecánica ideal para tales fines se emplean llaves Stilson, llaves con mango y dado llamados “cachimbas”; dados con tubos largos con palanca de manipulación fija (Figura 1).

En última instancia para subsanar estas deficiencias se ha optado por interrumpir las actividades rutinarias, dos días antes de la medición mensual de

sostenimiento para rescatar y sumar en la valorización.

Figura 1

Ajuste manual de tuerca en un perno helicoidal



Nota. En la figura se aprecia el ajuste convencional de tuercas en pernos helicoidales. Obtenido de “Sostenimiento en Minería Subterránea: Amplía tu criterio” [Fotografía], por Editor Tiempo Minero J.V., 2020, *Tiempo Minero* (<https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/sostenimiento-en-mineria-subterranea-amplia-tu-criterio/>).

En el mercado, existen herramientas neumáticas que facilitan el ajuste de tuercas, es el caso de las llaves de impacto, cuyo aporte en mina contribuirá en gran manera al asegurar el ajuste oportuno en pernos de sostenimiento; reduciendo costos de mano de obra, evitando campañas de ajuste de tuercas y sobre todo implicará trabajar mejor, más rápido y seguro; gastando menos y aportando calidad a los servicios con miras de buscar la mejora continua.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- Elaborar una propuesta de mejora para el sistema de sostenimiento con pernos helicoidales en las labores subterráneas de la E.C.M. New Horus S.A.C.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del sistema de sostenimiento con pernos helicoidales en las labores subterráneas de la E.C.M. New Horus S.A.C.
- Diseñar un plan de acción para la mejora del proceso del sistema de sostenimiento con pernos helicoidales en labores subterráneas.
- Establecer mecanismos de seguimiento y control para la mejora del sistema de sostenimiento con pernos helicoidales en labores subterráneas de la E.C.M. New Horus S.A.C.

1.4. Metodología

1.4.1. Enfoque de la investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que sus propósitos son prácticos inmediatos bien definidos (Carrasco, D., 2016). La finalidad es mejorar el proceso de sostenimiento de labores subterráneas con pernos helicoidales, con la incorporación de un nuevo equipo neumático y ligero que facilite su ajuste.

El tipo de diseño es no experimental, ya que no se manipulan intencionalmente las variables independientes, solo se analizan y estudian hechos y fenómenos en el proceso, antes y después de ocurrido la implementación, mediante la observación.

El tipo de diseño no experimental es **transversal descriptivo**, porque se recopilan datos en un momento determinado del tiempo que sirva de antecedente para definir objetivos; es descriptivo ya que describe, registra, examina, analiza e interpreta

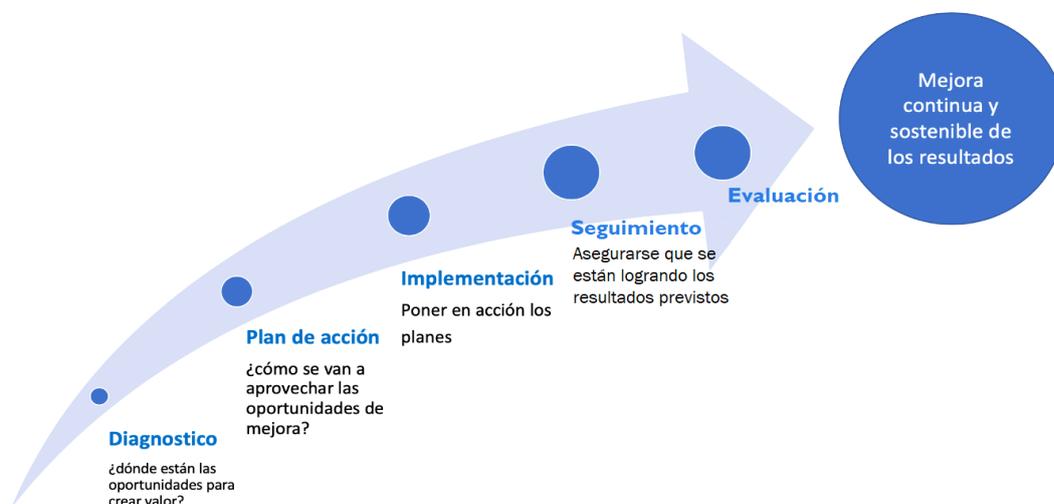
características, fenómenos, propiedades y cualidades tanto de las premisas como sus resultados en base a la comparación del antes y después.

1.4.2. Metodología propiamente dicha

Comprende 05 niveles; el diagnóstico de la situación actual donde se determinan qué factores presentes en el proceso requieren mejorar (cambiar, reforzar o corregir); identificado las deficiencias se estructuran acciones con un plan de mejora para dar cumplimiento a objetivos tales como reducir costos, tiempos y cantidades observadas sin descuidar la calidad. Se determinan actividades, responsables, lugares y plazos; se implementan medidas con un seguimiento continuo y una evaluación final; reestructurando pasos hasta alcanzar la mejora continua.

Figura 2

Metodología PHVA



Nota. Esta figura describe el paso a paso a seguir dentro del ciclo PHVA propuesto por Deming. Adaptado de *Nuestra metodología de consultoría* [Fotografía] por Modum Consulting, s.f, Modum (<https://modum.com.uy/metodologia/>).

Diagnóstico. Donde se analiza el estado actual de las distintas áreas afectadas durante el proceso de sostenimiento con pernos, que requieran ser atendidos según su criticidad valiéndose de la información existente en la organización.

Figura 3

Gráfico de evaluación de Problemas

CRITERIO	Duración del trabajo			Implicancia del problema			Inversión para solucionar el problema			Resultados esperados			PUNTAJE TOTAL	ORDEN DE PRIORIDAD
PROBLEMA	PUNTAJE			PUNTAJE			PUNTAJE			PUNTAJE				
	50	30	10	75	45	15	175	105	75	200	120	40		

Nota. Se evalúan áreas críticas con un máximo con 06 problemáticas (Gómez, 2019), estableciendo prioridades por medio de puntajes. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.37), por C. Gómez, 2019.

Figura 4

Gráfico de criterio: Duración del trabajo

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Hasta 3 meses	50
De 3 a 6 meses	30
Más de 6 meses	10

Nota. Se detallan los periodos de duración que se tomará en hallar la solución al problema. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.36), por C. Gómez, 2019.

Figura 5

Gráfico de criterio: Implicancia del problema

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Afecta solo el área específica	15
Afecta el área y una parte de los clientes interno	45
Afecta el área, a clientes internos y tiene impacto directo en los externos	75

Nota. Esta figura describe el grado en que el problema afecta al lugar de trabajo y a los clientes internos y/o externos. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.36), por C. Gómez, 2019. Centro de desarrollo Industrial.

Figura 6

Gráfico de criterio: *Inversión económica*

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Baja inversión, gastos mínimos en que incurrirán para solucionar el problema	175
Mediana inversión, gastos moderados para solucionar el problema	105
Alta inversión para la solución del problema	75

Nota. La figura detalla los niveles de inversión estimados para resolver el problema; estos niveles son establecidos por el observador; mientras que los gastos son todos los adicionales al proceso. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.36), por C. Gómez, 2019. Centro de desarrollo Industrial.

El nivel de inversión es tratado como leve, grave y muy grave como si se tratase de una sanción para una pequeña empresa según la Ley N° 28806.

Figura 7

Escala de Inversión económica

DESCRIPCIÓN	RIESGO	PUNTAJE
Baja inversión (hasta 0.45 UIT), UIT= S/.4,600	LEVE	175
Mediana inversión (mayor a 0.45 UIT hasta 1.62 UIT)	GRAVE	105
Alta inversión (mayor a 1.62 UIT)	MUY GRAVE	75

Nota. Se detallan montos para cada escala de inversión muy semejante a la escala de multas en la Ley 28806. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.36), por C. Gómez, 2019. Centro de desarrollo Industrial.

Figura 8

Gráfico de criterio: *Resultados esperados*

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Baja impacto económico	40
Moderado impacto económico	120
Alto impacto económico	200

Nota. Mide los efectos del impacto económico de las mejoras en un año. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.36), por C. Gómez, 2019. Centro de desarrollo

Industrial.

Otro aspecto, es describir que causas y efectos están generando el problema mediante el Diagrama de Ishikawa, tratando hasta 06 factores claves (Gómez, 2017).

Plan de acción. Alcanzable y flexible que permita integrar nuevas acciones para diferentes plazos establecidos (Proaño et al, 2017) y ser aceptados por todos.

El plan se esquematiza empezando por definir los objetivos medibles establecidos por el método Porter, cuantificando la situación actual de indicadores, trazando metas tentativas, asignando responsables y fechas de cumplimiento.

Tabla 1

Esquema de Objetivos y metas trazadas

Objetivo	Indicador	U.M.	Situación actual	Meta	Responsable	Fecha de cumplimiento
Calidad	Pernos helicoidales instalados sin ajustar al mes	Unid./mes				
Costo	Pérdida económica por perno observado al mes	Soles/mes				
	Costo por mano de obra en campañas de ajuste de tuercas al mes	Soles/mes				
Eficiencia	Tiempo de instalación de un perno helicoidal	min/perno				
	Tiempo de instalación de 18 pernos por turno	horas/perno				

Nota. Esta tabla muestra todos los índices a ser medidos y comparados con los ya obtenidos, persiguiendo metas trazadas para cada objetivo.

Implementación y seguimiento. Se proponen ideas para cada contramedida, por medio de lluvia de ideas cuestionadas con la tabla de SCAMPER y la Técnica 6M para aflorar nuevas alternativas de solución. El seguimiento requiere de un plan estructurado con la técnica 5W1H, para luego poner en práctica las contramedidas.

Evaluación. Consiste en verificar el cumplimiento del Plan de mejora según la propuesta, plan e implementación; basándose en objetivos e índices medibles con miras de identificar posibles anomalías, así como evaluar ventajas y desventajas.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

Se realiza porque existe la necesidad de incorporar conocimientos inexplorados por la organización y cuya aplicación en el sector mecánico ha sido determinante al momento de optar por el ajuste de tuercas en pernos de sostenimiento, aplicando un torque mecánico desde una llave de impacto neumática (Moya, 2013). Los resultados obtenidos aportarán calidad al momento de entregar los trabajos.

1.5.2. Justificación práctica

Se realiza porque existe la imperiosa necesidad de asegurar el ajuste de tuercas en pernos helicoidales de sostenimiento; ya que, en los 06 últimos meses se ha visto severamente cuestionada por no cumplir con lo solicitado por el cliente.

1.5.3. Justificación metodológica

Los métodos tales como el PHVA complementado con la técnica de Porter para definir objetivos estratégicos en base a indicadores pre-establecidos, priorizando problemas mediante una matriz de evaluación, analizando sus causas según Ishikawa, proponiendo e implementando acciones mediante la técnica 5W1H y el diagrama de SCAMPER para fomentar nuevas alternativas y controles; donde una vez demostrado, servirá de guía para futuras propuestas de mejora.

1.5.4. Justificación tecnológica

En vista que posibilita la incorporación de una herramienta de poder neumática existente en el mercado que cumple con la única función para la cual fue fabricada, el

ajuste idóneo de tuercas en estructuras, enllante y desenllante de neumáticos.

1.6. Definiciones

Sistema de sostenimiento. Conjunto de elementos relacionados entre sí que funcionan como un todo al momento de sostener espacios abiertos, reforzar el macizo rocoso, restringiendo la caída y/o desplazamiento hasta retenerlo, absorbiendo la mayor cantidad de la energía disipada (Lazo, 2020).

Perno helicoidal. Elemento de refuerzo permanente fijado a un taladro cementado con resina (Alva, 2019, cuyo sistema de fijación es mediante una placa de acero y una tuerca que al ser ajustado a lo largo de una barra roscada permite entrar en contacto con la roca (Prodac, 2021), aportando grandes capacidades de carga con un rango promedio de 3.5 ton/pie (Flores, 2014).

Labores mineras. Lugar dentro de una mina donde se realiza el ciclo de minado para extraer mineral y/o desmonte (Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, 2003).

1.7. Alcances y limitaciones

1.7.1. Alcances

Comprende toda labor subterránea cuyo tipo de roca a sostener tiene un índice de calidad: $41 < \text{RMR} < 61$.

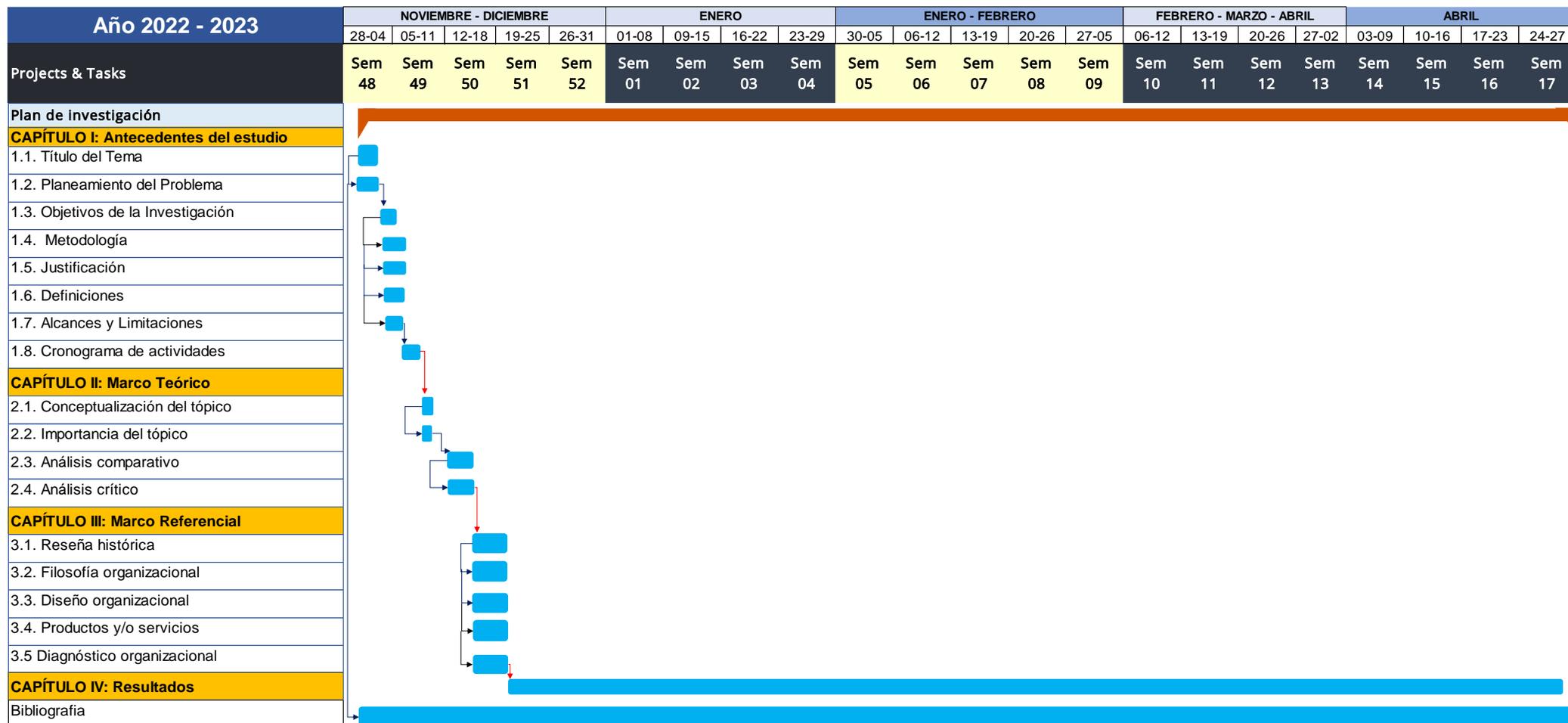
De acuerdo al alcance geográfico, el trabajo se lleva a cabo en labores subterráneas de los niveles 1600, en el anexo de Karola, en la provincia y distrito de Patatz, departamento de La Libertad, Perú. De acuerdo con el tipo de empresa; es pequeña y subterránea.

De acuerdo con el alcance temporal; datos históricos obtenidos a partir de la gestión del 2022, desde enero hasta junio. El tiempo de duración del proyecto abarca desde julio hasta abril del 2023.

1.7.2. Limitaciones

Una limitante es el aspecto económico en vista a la inversión auto subvencionada cuyo costo aproximado es de 1,300 soles; por tal, se propone la compra de una unidad para la labor RA LUZ del Nv. 1600, donde es frecuente instalar estos pernos. Otra, es la incorporación de un equipo nunca empleado en el sostenimiento con pernos helicoidales, requiere de procedimientos con una evaluación en el IPERC antes de pasar a la capacitación del personal involucrado.

1.8. Cronograma



CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1. Bases teóricas de los tópicos

2.1.1. Sistema de sostenimiento

Toda excavación subterránea produce un desequilibrio en el campo de los esfuerzos circundantes en el espacio abierto generado; produciendo grietas, deslizamiento de bloques y dando paso inevitable al desprendimiento de rocas; por ello es necesario implementar un sistema de soporte que proporcione sujeción en la roca sometida a estos esfuerzos (Fernández y Ramírez, 2018).

Para determinar el sistema de sostenimiento adecuado, primero se tiene que determinar el tipo de labor, es decir si es temporal o permanente, con qué sección cuenta y sobre todo las características geomecánicas en base a una evaluación que nos permita elegir el tipo de sostenimiento idóneo (Tacuri, 2017).

El Laboratorio Oficial J. M. Madariaga. [LOM] (2015), hace énfasis acerca de la instalación de un sistema de sostenimiento oportuno y que dependa de la calidad del macizo rocoso, por ello manifiesta que: “La colocación tardía del sostenimiento en un determinado tramo, favorece la relajación y descompresión del macizo rocoso, pudiendo ser la causa de manifestaciones de inestabilidad” (p. 43).

2.1.1.1. Propósitos del sistema de sostenimiento

Todo sistema de sostenimiento debe cumplir con el propósito de lograr la estabilidad de una excavación subterránea, por medio de los elementos que lo constituyen y cumplir con los siguientes propósitos para los cuales fueron diseñados:

- **Soporte:** Capacidad para sostener cargas y/o bloques de rocas sometidos e esfuerzos, mediante la interacción de los elementos de sostenimiento sobre la superficie rocosa (Fernández y Ramírez, 2018).

- **Refuerzo:** Capacidad para mantener u optimizar algunos parámetros de la roca (Fernández y Ramírez, 2018), tales como la resistencia a la compresión simple, tracción, etc.; manteniendo la integridad de esta mediante el anclaje y la sujeción circundante a la excavación.
- **Retención:** Capacidad para preservar el grado de confinamiento en fragmentos de roca (Fernández y Ramírez, 2018), contrarrestando el efecto de cargas estáticas y/o dinámicas, es decir evitando el desplazamiento y/o desprendimiento (Osinergmin, 2017).

Figura 9

Propósitos del sistema de sostenimiento



Nota. En la figura se detallan los principales propósitos de estabilidad para cada sistema de sostenimiento en una excavación subterránea. Obtenido de *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas* (p. 98), por Osinergmin, 2017. (https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)

Para tener un claro ejemplo de estas cualidades con las que cuentan cada elemento dentro de un sistema de sostenimiento, a continuación se detallan algunos ejemplos:

Figura 10

Elementos de un sistema de sostenimiento según su propósito

Reforzar	Soportar	Retener
Pernos	Arcos, alzaprima	Mallas
Cables	Relleno	Cintas de acero (<i>straps</i>)
		Shotcrete

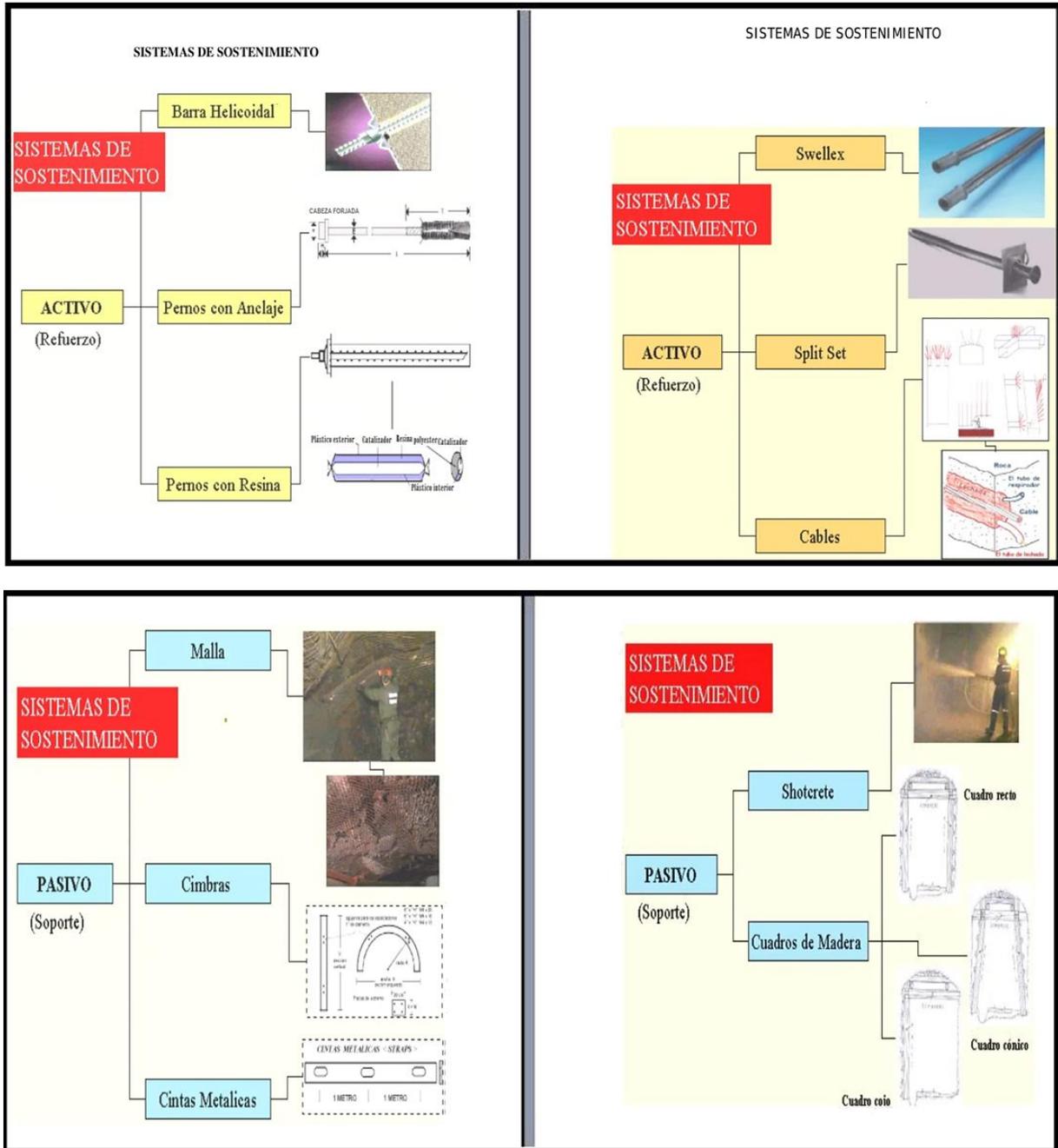
Nota. En la figura, los pernos y relleno son los elementos de estabilidad más utilizados en la minería subterránea; las alzaprimas, puntales o gatas son de uso exclusivo en tajos; mientras que los arcos como cuadros de madera o cimbras metálicas y shotcrete se emplean en terrenos deleznales (RMR<41). Obtenido de *Estudio de sistemas de fortificación para la mina subterránea “Olkusz-pomorzany” de Polonia* (p. 4), por Fernández, C. y Ramírez, C., 2018. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3390>

2.1.1.2. Tipos de sistemas de sostenimiento

Existen 02 tipos de sistemas de sostenimiento para labores subterráneas que pueden ser empleados individual o en combinación con otros elementos para estabilizar las excavaciones mineras y atendiendo como actúan en la roca (Osinermin, 2017), estos son los llamados activos (refuerzo) tales como pernos de anclaje como pernos cementados con barras helicoidales, cables acerados, pernos por fricción como pernos Split set, Swellex; y finalmente los pasivos (soporte) tales como los cuadros de madera, cimbras, cintas metálicas, shotcrete, entre otros.

Figura 11

Tipos de Sistemas de sostenimiento



Nota. En la figura se detallan los 02 grandes sistemas de sostenimiento con sus respectivos elementos representativos y más empleados en las excavaciones subterráneas. Obtenido de *Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la mina Hércules – Cía. minera Lincuna S.A.* (p. 62), por Tacuri, A.,

2017.

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2206/1/Tesis%20M789_Tac.pdf

Sostenimiento Pasivo (soporte). Se caracterizan porque sus elementos son instalados en la superficie rocosa, logrando incrementar su resistencia a la carga una vez que el macizo rocoso entra en movimiento (Fernández y Ramírez, 2018). Este sistema de sostenimiento actúa tanto en la superficie de la excavación como en su interior y es inicialmente activado cuando la roca desarrolle desplazamiento o deformación para finalmente actuar como soporte de roca (Osinergmin, 2017). Finalmente, se precisa que: “Estabilizan la masa rocosa mediante el control del colapso progresivo o deformación de la misma” (Tacuri, 2017, p. 63).

Sostenimiento Activo (refuerzo). Donde sus elementos son capaces de actuar desde el mismo instante de su instalación, formando una zona de compresión en la misma roca que favorece la estabilidad de la cavidad subterránea (Osinergmin, 2017). La instalación de estos elementos se lleva a cabo en el interior de la roca y cuya capacidad de refuerzo aportante es transferida de vuelta al macizo rocoso (Fernández y Ramírez, 2018).

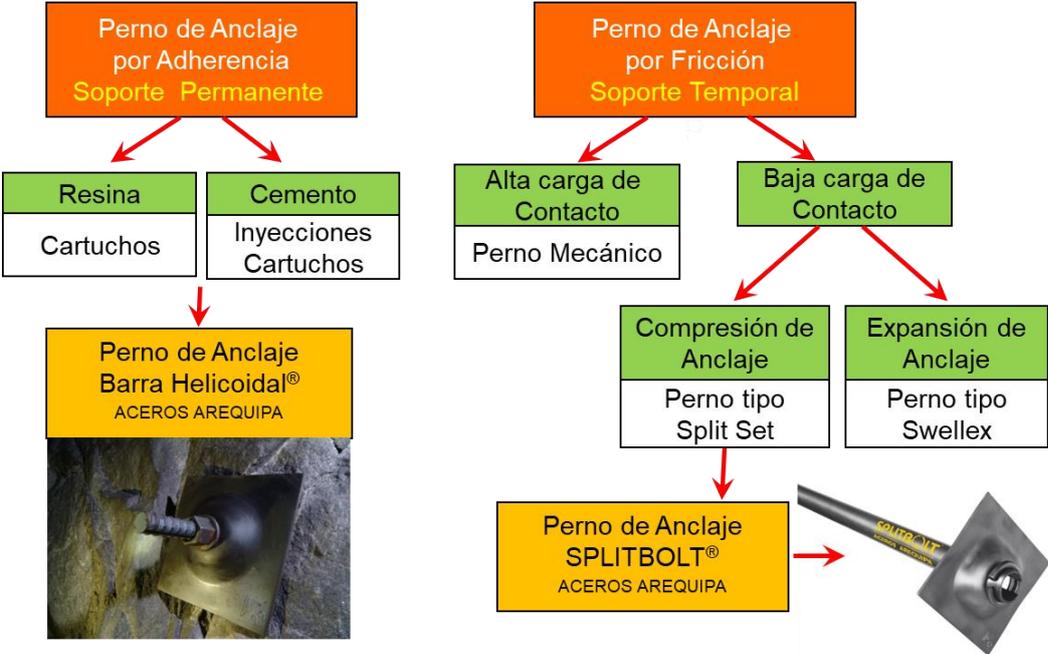
Tacuri (2017), con respecto a las cualidades que ofrece este tipo de sostenimiento activo, añade que: “Proveen el refuerzo a la masa rocosa aumentando la resistencia friccional entre bloque que la componen” (p. 63). Entre los elementos más representativo que conforman este tipo de sistema de sostenimiento, tenemos:

Pernos de Anclaje. Uno de los elementos más empleados en la minería subterránea por su bajo costo, fácil de instalar y sobre todo porque ofrece resistencia en cualquier tipo de roca, anclándose intensamente a este, mejorando la fricción entre fracturas o discontinuidades existentes (Fernández y Ramírez, 2018). Estos pernos se anclan a la roca por adherencia, fricción, expansión (por medio de un dispositivo

mecánico) o simplemente por su capacidad de deformarse al momento de ofrecer estabilidad en una excavación minera (Osinergmin, 2017).

Figura 12

Clasificación de pernos de anclaje



Nota. En la figura se detallan las 02 clases de pernos de anclajes más conocidas en la minería subterránea para excavaciones subterráneas permanentes y temporales. Obtenido de *Criterios de Selección y Sistemas de Sostenimiento para el control de inestabilidades subterráneas – Pernos de Anclaje*, por Flores, M., 2014.

En vista al presente trabajo de investigación, el contenido se va a centrar exclusivamente al uso de pernos helicoidales cementados de fácil instalación.

Los pernos cementados llamados de adherencia, trabajan en base a la acción de aditivos acelerantes y de fijación como lo son el cemento y la resina que actúan sobre un cuerpo alojado en un orificio en la roca (taladro), este cuerpo puede ser un cable o simplemente una barra de acero con hilo, tuerca y placa de sujeción llamado perno helicoidal cuyo uso es exclusivo en labores de secciones grandes como

galerías, además puede trabajar en combinación con otros elementos tales como mallas metálicas, shotcrete (hormigón lanzado), etc. (Laboratorio Oficial J. M. Madariaga LOM, 2015).

Figura 13

Perno helicoidal



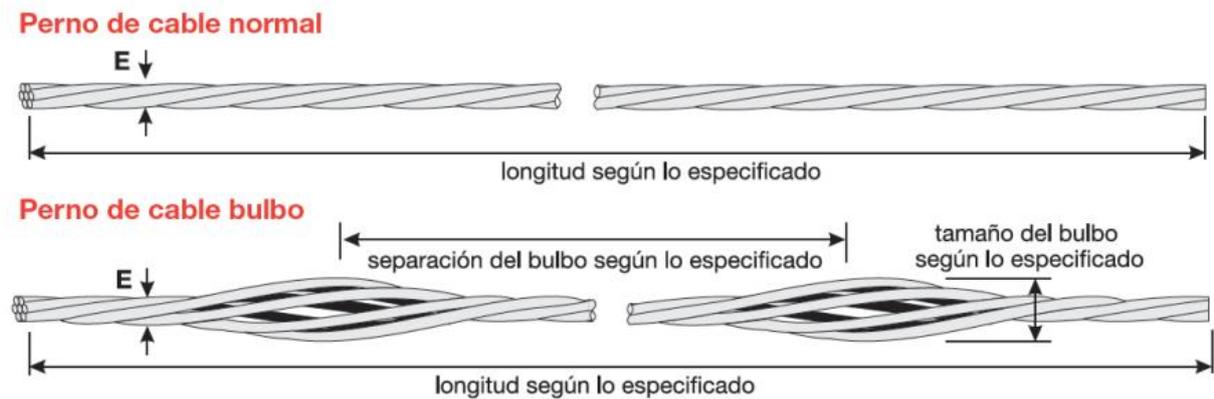
Nota. En la figura se aprecia todos los elementos de fijación que conforman el perno helicoidal. Obtenido de *Criterios de Selección y Sistemas de Sostenimiento para el control de inestabilidades subterráneas – Pernos de Anclaje*, por Flores, M., 2014.

Con fines de dar a conocer las cualidades de los pernos helicoidales frente a los cables de sostenimiento, ambos anclajes por adherencia, se detalla brevemente los cables bolting; estos cables son capaces de trabajar en taladros cuyas longitudes superar los 8m, esto quiere decir una capacidad aportante de 25 ton; tiene el mismo principio de sostenimiento que su similar el perno helicoidal, sino a base de cables; su alojamiento en el taladro puede ser manual o mecanizado inyectado en una lechada

de agua y cemento por medio de un tubo manguito (Laboratorio Oficial J. M. Madariaga LOM, 2015).

Figura 14

Perno de cable (cable bolting)



Nota. En la figura se muestra el aspecto del perno de cable. Obtenido de *Guía sobre control geotécnico en minería subterránea* (p. 101), por Laboratorio Oficial J. M. Madariaga. [LOM], 2015.

(<https://energia.gob.es/mineria/Seguridad/Guias/Gu%C3%ADas/Guia-control-geotecnico-mineria-subterranea.pdf>)

Según Fernández y Ramírez (2018), dentro de las clases de pernos por adherencia, según sus experiencias califican que: “En el enfoque con pernos la mejor opción fue el uso de pernos helicoidales cementados, dado a que logra estabilizar el macizo rocoso de la mejor manera (comparado a los otros tipos de pernos)”

“Generalmente se emplea el sistema perno y malla para retener los bloques que se encuentran entre perno y perno” (Osinergmin, 2017, p. 88).

2.1.1.3. Sistema de sostenimiento con pernos helicoidales

El sistema de sostenimiento con pernos helicoidales bien instalados, limita el deslizamiento de bloques de roca, transfiriendo la carga desde una zona débil hacia el mismo perno y posteriormente hacia la roca más estable y distante de la excavación

(Fernández y Ramírez, 2018), mediante 02 maneras:

- a. Suspensión o anclaje de bloque: se fija una capa débil, con pernos, a una capa superior más fuerte.
- b. Resistencia a los esfuerzos axiales y de corte: pernos instalados en un posible plano de falla van a resistir la deformación asociada.

Durante la instalación, un factor a considerar es el tensionado del perno, con lo cual se pretende entregar una anulación axial adicional en la zona de instalación a costa de disminuir su capacidad disponible para resistir la dilatación del techo. Se puede utilizar un dado de ajuste, una llave de impacto o bien una perforadora, pero esta última no logra ajustar la tuerca en su totalidad (Fernández y Ramírez, 2018).

Cabe indicar que, para obtener la tensión deseada por la varilla del perno helicoidal instalado, es necesario se proceda a girar la tuerca del perno, generando el empuje de la placa de sujeción contra la roca, de este modo la placa presiona activamente las piezas de roca que se encuentran en superficie, las cuales interactúan con otras piezas, generando zonas de interacción que permiten que se considere como un macizo rocoso más estable. Si la varilla pierde tensión, los pernos pierden su eficacia; por ello, es importante que el ajuste de tuercas se lleve a cabo oportunamente.

Herramientas para Ajuste de Tuercas en Pernos. Las herramientas de ajuste en tuercas de pernos helicoidales con torque manual o de mano más empleadas en casi todas las minas subterráneas tenemos: llave Stilson, llaves de boca, francesa, con dados acondicionados llamados “cachimbas” y mangos largos para ajuste en secciones mayores a 2.7x2.7m.

Figura 15

Herramientas de mano para ajuste de tuercas en New Horus SAC.



Nota. En la figura se aprecian la variedad de herramientas de ajuste manual empleadas en la organización de New Horus SAC., donde existe el riesgo de caída a diferente nivel.

Mientras que en la industria mecánica, naval o estructural se emplean llaves de impacto o comúnmente denominadas pistolas que facilitan el ajuste de tuercas en pernos acerados de cualquier grado de dureza. A continuación, se describe en qué

consiste la llave de impacto, para que sirve, como funciona y qué variedades existen en el mercado.

Llaves de Impacto. Es una herramienta liviana versátil de accionamiento neumático, eléctrico o a batería, que sirve para extraer y ajustar tuercas empleadas en talleres de mantenimiento y datan a mediados de los años 30 del siglo pasado. La primera llave de impacto fue fabricada por Ingersoll Rand en abril de 1934 y como primer modelo presentó deficiencias tales como tamaño y peso y su fin solo era aflojar tuercas es decir con un solo sentido de giro; luego se fabricó otro modelo con giro opuesto para ajustar (Peral, 2018). Actualmente estas llaves tienen la opción de giro en ambos sentidos.

Figura 16

Llave de impacto



Nota. En la figura se aprecia una llave de impacto aflojando tuercas en codos de tuberías en una planta industrial. Obtenido de La pistola de impacto, una de las herramientas más versátiles del sector [Fotografía], por Peral, 2018, *Epidor Technical Distribution* (<https://epidor.com/blog/la-pistola-de-impacto-una-de-las-herramientas-mas-versatiles/>)

En sí, las ventajas que ofrece la llave de impacto es su elevada potencia en un tamaño y peso maniobrable, con velocidad ajustable y sobre todo ausencia de reacción; una vez ajustado la tuerca este no se daña (Peral, 2018), lo que lo diferencia de un atornillador o comparándolo con un taladro común en el último de los casos por carecer del martillado (Almanza, A. y Carrascal, H., 2020).

El principio de funcionamiento de la llave de impacto radica en la llamada llave de golpe, esto se asemeja cuando uno ajusta manualmente una tuerca con una llave común requiere de un golpe de reinicio.

Según Peral, M. (2018), con respecto al principio básico de funcionamiento de la pistola de impacto, señala que:

Cuando el motor de la herramienta no tiene fuerza suficiente para girar el tornillo, el sistema de impacto que integra la máquina golpea repetidamente el eje de salida de la herramienta para generar ese “plus” de fuerza puntual que consigue liberar el tornillo (párr. 4).

Figura 17

Llave de impacto neumática



Nota. En la figura se aprecia internamente las partes esenciales de una llave de impacto neumática. Obtenido de La pistola de impacto, una de las herramientas más

versátiles del sector [Fotografía], por Peral, 2018, *Epidor Technical Distribution* (<https://epidor.com/blog/la-pistola-de-impacto-una-de-las-herramientas-mas-versatiles/>)

Según Peral (2018), considera que: “Existen diferentes tipos de sistemas de impacto, basados en un sistema de mazas rotativo que gira independientemente del eje y que golpea unos “yunques” mecanizados en el eje de salida” (párr. 7).

El mantenimiento de la llave de impacto depende que dé tan expuesto este el equipo ante el ingreso del agua en las partes internas; por ello es crucial realizar el mantenimiento oportuno, siempre drenando el exceso de agua en los suministros y tuberías de aire que alimentan a la pistola de impacto neumática; la lubricación del ingreso de aire en el equipo prolongará la vida útil de este (pistolaneumatica, s.f.). El tipo de aceite ideal puede ser un SAE10 especial neumática, aunque también puede ser lubricado por un aceite especial para equipos neumáticos como es el caso del aceite Torcula, empleado en las perforadoras Jack leg o bombas neumáticas.

Otra recomendación para minimizar el paso de agua por las mangueras del equipo es instalar un filtro de agua en la misma manguera. Es más cuando la potencia de salida en el equipo baje, es respuesta de que el equipo no ha recibido una correcta lubricación y por ende el torque también bajará y disminuirá su productividad.

Los expertos recomiendan que es necesario instalar lubricadoras en línea en la misma manguera de aire y así garantizar la lubricación del equipo cada vez que va a ser utilizado. (pistolaneumatica, s.f.). Al igual que el agua corroe y daña las partes internas del equipo, cabe destacar que es importante que el circuito del compresor de aire esté libre de suciedad como arena, ya que es la segunda amenaza de estos equipos neumáticos.

Otro punto para tener en cuenta es que los pernos helicoidales cuenten con una buena instalación y para ello, es necesario cumplir con el estándar operativo con

código MIN SOS-ESO-008 denominado Sostenimiento con pernos helicoidales y malla; cuyas especificaciones son las siguientes.

- Parámetros Geomecánicos: El sostenimiento con pernos helicoidales y malla electrosoldada, se utilizará en calidad de roca regular a regular mala, rango de RMR entre 30 a 50, según la cartilla geomecánica y de acuerdo al mapeo geomecánico diario por labor.
- Los pernos helicoidales con malla electrosoldada serán utilizados en labores de larga duración o permanentes, a excepción en algunas labores temporales previa evaluación geomecánica.
- Los pernos helicoidales deben instalarse de manera perpendicular al sistema de fracturamiento principal.
- Se empleará brocas de 32 milímetros (mm) de diámetro para la perforación de los taladros en las que se instalará el perno helicoidal.
- La longitud de perforación del taladro será 10 centímetros (cm) menor de la longitud del perno helicoidal a instalar.
- El diámetro de los pernos helicoidales será de 19 mm, su longitud variará entre 1.20 metro (4 pies) y 3.00 metro (10 pies), identificado por el color de la colilla característica, uno de los extremos estará biselado con 45°.
- La platina de acero (Placa de sujeción), será de 20 cm x 20 cm x 5 mm de espesor y la tuerca con cabeza esférica para barra helicoidal de 19 mm.
- El tramo del perno helicoidal que debe sobresalir por fuera de la roca, para realizar el ajuste debe ser máximo de 10 cm, por deformación de superficie del macizo rocoso.
- La dimensión del cartucho de resina de fraguado rápido (1 minuto) será 28 mm x 305 mm y del cartucho de cemento de fraguado rápido (8 horas) será de 29

mm x 305 mm.

- El tiempo de hidratación de los cartuchos de cemento será 5 a 10 minutos.
- El tiempo de batido debe ser de 15 a 20 segundos a partir de que el perno helicoidal llegue al fondo del taladro.
- La capacidad y/o resistencia a la tracción de los pernos helicoidales, después de 15 minutos de haberse instalado, es de 2.5 a 3.0 toneladas por pie (Ton/pies).
- La longitud del perno helicoidal según la sección, se indica en el cuadro siguiente:

Figura 18

Longitud del perno helicoidal según sección a sostener

Sección de la labor	Longitud el perno helicoidal a instalar
De 2.50 x 2.50 m a 2.70 x 2.70 m	5 pies
De 3.00 x 3.00 m a 3.50 x 3.00 m	6 pies
De 3.50 x 3.50 m a 4,50 x 4.50 m	7 pies
Secciones mayores de 5.00 m x 5.00 m	10 pies

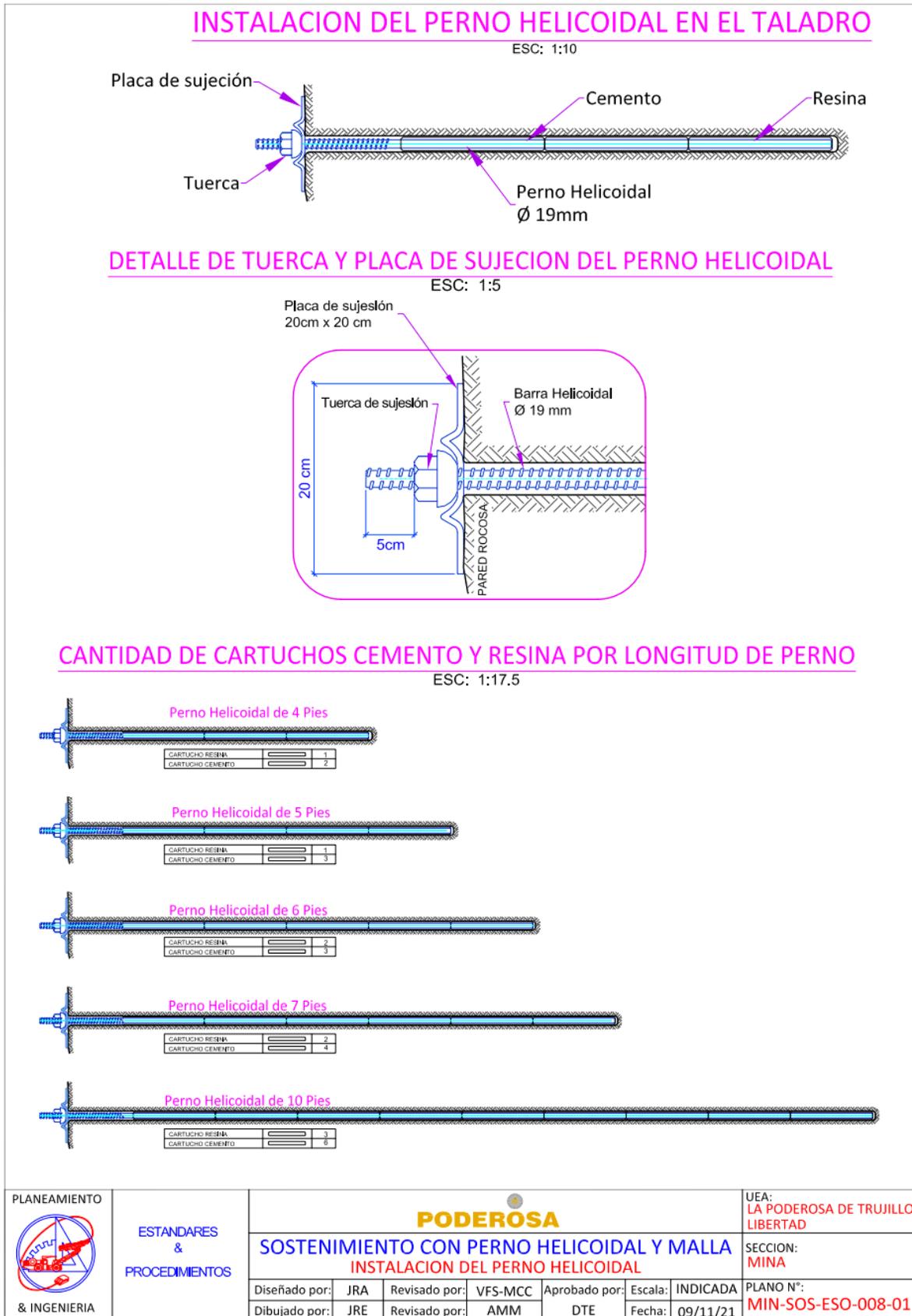
La cantidad de cartuchos de cemento y resina que se colocará en los taladros, se indica en el cuadro siguiente:

Longitud del perno helicoidal	Cartuchos de resinas	Cartuchos de cemento
4 pies	1	2
5 pies	1	3
6 pies	2	3
7 pies	2	4
10 pies	3	6

Nota. En la figura se detalla la selección de la longitud del perno helicoidal a emplear según la sección de labor a sostener. Obtenido de Estándar Operativo Sostenimiento con pernos helicoidales y malla por Poderosa, 2021.

Figura 19

Detalles de la instalación del perno helicoidal cementado



Nota. En la figura se detalla la cantidad de cartuchos de resina y cemento a emplear según la longitud del perno helicoidal de sostenimiento. Obtenido de Estándar Operativo Sostenimiento con pernos helicoidales y malla por Poderosa, 2021.

2.1.1.4. Periodos de evaluación de capacidad del sostenimiento

El control de la calidad del sostenimiento instalado, demanda que se realice una cantidad mínima de ensayos que avalen su capacidad; por tal a continuación se detallan estos ensayos llevados a cabo según una frecuencia predeterminada:

Figura 20

Ensayos de capacidad en elementos de sostenimiento

Elemento de Sostenimiento	Ensayo	Frecuencia
Pernos de anclaje	Prueba de arranque	1 % de los pernos instalados trimestralmente
Cable bolt	Prueba de arranque	1 % de los cables instalados trimestralmente
Concreto lanzado (Shotcrete)	Compresión Simple	Serie de paneles cada 250 m ³ de concreto lanzado para ensayos a la rotura de 3, 7, 14 y 28 días
	Absorción de Energía (Tenacidad)	Serie de paneles cada 500 m ³ de concreto lanzado para ensayo de 14 y 28 días (EN 14488-5)

Nota. En la figura se muestran los ensayos de calidad para 03 tipos de elementos representativos de su categoría, donde se detalla la frecuencia con la que esta se lleva a cabo. Obtenido de *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas* (p. 91), por Osinergmin, 2017. (https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)

2.1.1.5. Tipos de labores mineras

Según su propósito, existen diferentes tipos de excavaciones que sirven de acceso, tránsito, yacimiento, zonas estériles, ambientes, abastecimiento, así como otros servicios. Todas estas labores según su diseño en función a su vida útil, se

clasifican en 02 grandes grupos muy mencionados en la geomecánica y son los permanentes y temporales (Osinergmin, 2017).

Figura 21

Tipos de labores mineras

Excavaciones mineras permanentes	Excavaciones mineras temporales
Rampas principales	Tajeos de explotación
Rampas	Galerías
Bypass	Subnivel de acceso
Chimeneas principales de ventilación	Crucero de acceso a tajeo local
Chimeneas principales de servicios	Crucero de extracción
Chimeneas <i>ore pass</i> principales	Cruceros de servicios (agua, aire, relleno, etc.)
Inclinados	Chimeneas o Slots de producción
Desarrollos del nivel principal	Chimeneas de ventilación de tajeos
Rutas de escape	Chimeneas de servicios de tajeos
Refugios	Chimeneas <i>ore pass</i> de tajeos, etc.
Cargaderos	
Áreas de oficinas y comedor	
Cámaras de refugio	
Salas de reuniones y/o monitoreo.	
Bodegas mineras	
Polvorines subterráneos	
Sub estaciones eléctricas	
Estaciones de primeros auxilios	
Excavaciones de chancado	
Estaciones de bombeo principal	
Áreas de talleres	
Estacionamiento vehicular, etc.	

Nota. En la figura según la duración de construcción en uso, se agrupan las diferentes excavaciones subterráneas en permanentes y temporales. Obtenido de *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas* (p. 52), por Osinergmin, 2017. (https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)

Las labores mineras toman el nombre de permanentes, debido al tránsito constante y regular de personal y/o equipos durante un largo plazo; mientras que los mencionados temporales, son construidos como parte de la infraestructura principal hasta que dure la explotación de un yacimiento, son de corto y mediano plazo, es decir menor a un año. Ambas construcciones están sometidos a especificaciones técnicas que superan la duración de la actividad minera; con la diferencia que los primeros son más rigurosos, ya que requieren de inspecciones periódicas para constatar la calidad y condiciones del sostenimiento instalado (Osinergmin, 2017).

2.2. Análisis comparativo de las bases teóricas

Con respecto al sistema de sostenimiento activo con pernos helicoidales, tema central del presente estudio de investigación, tanto Fernández y Ramírez (2018), Tacuri (2017) así como la entidad Osinergmin (2017), coinciden en que este tipo de sostenimiento actúa inmediatamente una vez instalado en el interior de un taladro con cencho y resina, sin recurrir a que la roca actúe sobre este; por ello es considerada como refuerzo de roca por sus propiedades aportantes en cuanto a resistencia y transmisión inmediata al macizo rocoso gracias a sus elementos de fijación y sujeción como lo son las placas de contacto hacia la roca.

2.3. Análisis crítico

Las bases teóricas empleadas en el presente trabajo de investigación tienen el fin de buscar mejorar la calidad de los servicios entregados, mediante el aporte de conocimientos que logren alcanzar la excelencia operacional, en este caso en el proceso de sostenimiento de labores subterráneas con pernos helicoidales, mediante el modelo DMAIC de Six Sigma que se fundamentan principalmente en cinco fases: Definir, medir, analizar, aplicar mejoras y controlar (Chua, 2019).

CAPÍTULO III

Marco Referencial

3.1. Reseña histórica

New Horus S.A.C. es una empresa contratista minera de capital peruano constituida el 11 de mayo del 2009; líder en el rubro minero, logró obtener el Premio Empresa Peruana del Año – EPA 2020 otorgado por la Asociación Civil Empresa Peruana del Año, reconocimiento merecido por promover la seguridad y calidad de sus operaciones, así como la excelencia empresarial como consecuente de los logros alcanzados en su gestión organizacional; a parte de ello, se consolidó como el equipo ganador del Minero de Oro en el año 2016 en la XXVI semana de la Calidad en la categoría de Producción en Compañía Minera Poderosa S.A. premio que valora la gestión de proyectos de mejora continua, mediante la aplicación de la tecnología de diseño laser CAD para el mercado de mallas de perforación en la mina Atahualpa. Tiene como gerente general al Lic. Edgardo Huarcaya Martínez quién apostó por nuevos retos, logrando entre los años 2017 y 2018, mecanizar sus operaciones mediante la incorporación de cargadores scooptrams, camiones de bajo perfil y jumbos electrohidráulicos en las instalaciones a su cargo en la Unidad de Producción Marañón, anexo Cedro en C.M.P.S.A., alcanzando la sostenibilidad del 70% de sus operaciones mediante el método mecanizado (Asociación Civil Empresa Peruana del Año, s.f.).

Gracias a sus 13 años de trayectoria empresarial y profesional, New Horus ha contribuido significativamente con el avance de labores de preparación y desarrollo, que acortan las brechas con miras a alcanzar tan añoradas reservas que dan vida a la mina Consuelo en la Unidad de Producción de Marañón y desde luego contribuir con el desarrollo social y económico del país.

3.2. Filosofía organizacional

En New Horus S.A.C como parte de sus estrategias tiene el compromiso de desarrollar, implementar, mantener y mejorar continuamente la eficacia de sus operaciones; vinculando sus procesos con la visión, misión, principios y valores y políticas; como siempre lo ha hecho desde hace 13 años en Compañía Minera Poderosa S.A.; estos elementos son:

Visión

Ser una empresa contratista líder en la industria minera, reconocida por nuestra excelencia operativa e innovación, con altos estándares de seguridad, calidad y manejo ambiental.

Misión

Ser seguros y estar comprometidos en la protección de la salud de nuestros colaboradores.

Hacer que nuestros procesos sean eficaces y eficientes.

Ejecutar nuestras actividades de la manera más competente posible, mediante un proceso continuo de reducción de costos, generando así valor para nuestros accionistas, trabajadores y clientes.

Principios y valores

Aplicar eficientemente una metodología profesional y técnica a través de un verdadero TRABAJO EN EQUIPO.

Lograr conciencia de seguridad: "Tú eres responsable de tu propia seguridad y la de tus compañeros".

Honestidad, manteniendo la transparencia que nos caracteriza.

Política de Seguridad y Salud

Somos una empresa contratista líder en brindar servicios de exploración y explotación en minería subterránea.

Gestionamos nuestros servicios de manera tal que creamos un ambiente seguro para todos nuestros grupos de interés: colaboradores, clientes y comunidad; sobre una sólida cultura de seguridad.

La Seguridad y Salud son nuestro valor fundamental, realizando el liderazgo visible en todos los niveles de nuestra organización. Nada de lo que hacemos vale la pena si implica daños a la persona.

Nuestro compromiso:

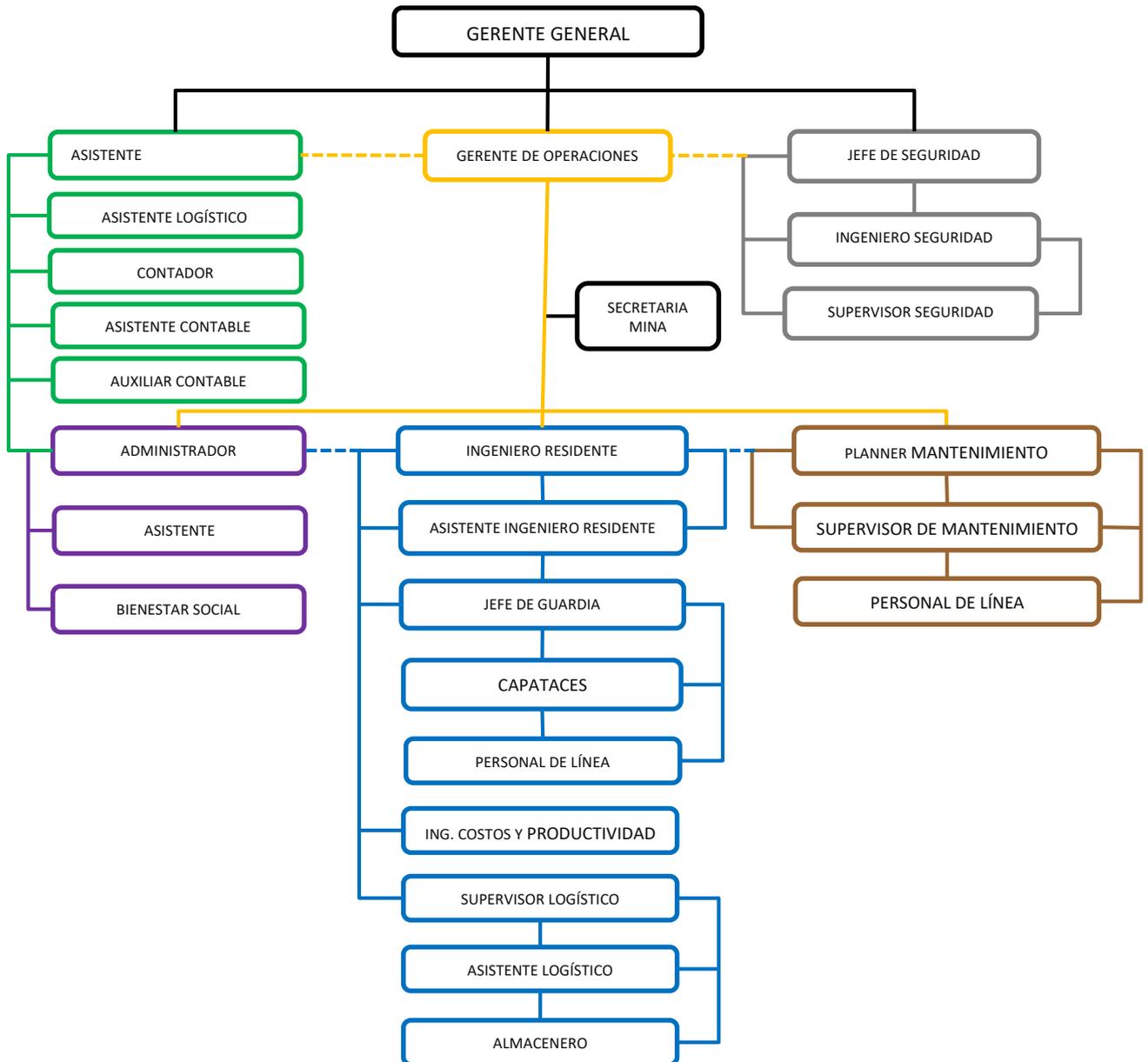
1. Desarrollar nuestras operaciones mineras teniendo como objetivo de cero accidentes.
2. Proporcionar condiciones de trabajo sanas y seguras a nuestros colaboradores.
3. Mantener nuestro Sistema de Gestión de Seguridad y Salud diseñado para mejorar de forma continua nuestro desempeño y minimizar activamente los riesgos de nuestras operaciones.
4. Cumplir con todos los requisitos legales y regulatorios aplicables a la Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
5. Informar abiertamente a todos nuestros grupos de interés sobre aspectos relevantes en seguridad y salud.
6. Desarrollar el trabajo en equipo a través de la filosofía de Disciplina Operativa y la práctica del COLPA (5S) para su aplicación en el trabajo diario.
7. Empoderar a todos nuestros colaboradores a decir “No” si las condiciones de trabajo no son seguras y detener cualquier trabajo inseguro, así como promover

su participación activa en todos los elementos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

3.3. Diseño organizacional

Figura 22

Organigrama de E.C.M. New Horus S.A.C.



Nota. El presente organigrama contiene todos los cargos existentes en la organización New Horus tales como personal de dirección, operación mina y servicios mina. Obtenido de Administración New Horus S.A.C.

3.4. Servicios

New Horus S.A.C. se dedica a prestar servicios en los procesos de exploración, explotación, preparación y desarrollo de labores mineras subterráneas en minería convencional y mecanizada (trackless); trabajos de servicios mina, limpieza, sostenimiento, relleno detrítico, carguío, extracción y acarreo. Realiza sus actividades en la provincia de Pataz, en la Unidad de Producción Marañón en las concesiones de Compañía Minera Poderosa S.A.

Perforación y voladura

Trabajos de percusión, rotación, empuje y barrido desde la perforación con equipos livianos como Jackleg y Stoper en labores horizontales y verticales; dispositivos trepadores como jaula Alimak y equipos pesados sobre ruedas como el jumbo electrohidráulico para secciones mayores e iguales de 3.0x3.0m; empleando una variedad de explosivos debidamente seleccionados como emulex, emulnor, cordón detonante, dinamita y anfo industrial; complementado con accesorios de voladura de uso comercial como carmex (mecha ensamblada con un fulminante) y faneles (mangueras con iniciación programada) de diferentes periodos de retardo, llevando a cabo técnicas de voladura controlada por medio de Famecorte, desacoplamiento de explosivos y taladros de alivio (vacío).

Sostenimiento

Trabajos de refuerzo y soporte en excavaciones subterráneas temporales y/o permanentes mediante pernos cementados helicoidales y mallas metálicas (galvanizadas y electrosoldadas), pernos de fricción Split set, anclaje mecánico, cable bolting, cimbras, pilares de madera Wood Pack con planchas hidráulicas de pretensado Jack Pack, cuadros de madera, gatas mecánicas Camlock y puntales jackpot.

Labores de Producción

Trabajos de explotación de mineral mediante métodos de corte y relleno ascendente y descendente, Breasting, Open stoping, Long Wall, Short Wall, cámaras y pilares, variantes y en combinación.

Labores de avance

Trabajos de avance horizontal y vertical con diferentes dimensiones en Galerías, Cortadas, By Pass, Cruceros, Rampas, Estocadas, cámaras diamantinas, Subniveles, piques y chimeneas simples, dobles y triples.

Carguío y acarreo

Trabajos de carguío y acarreo de volúmenes de mineral y desmonte por medio de equipos motorizados y neumáticos; tales como Scoops de 2.2 y 4.0 yd³ de capacidad, dumpers de 14 ton. de capacidad y palas neumáticas de 0.14 y 0.28 m³.

Servicios Mina

Trabajos de instalación de redes de aire y agua, mangas de ventilación, entablado y colocado de tapones rígidos, instalación y mantenimiento de líneas de Cauville (rieles), instalación de ventiladores, soplados, botellones de agua, pulmones de aire, winches de arrastre e izaje, bombas neumáticas, relleno detrítico, limpieza de cunetas, camareo, traslado de materiales y extracción sobre rieles, instalación de parrillas, compuertas para tolvas, chuteo en chimeneas, voladura secundaria (cachorro y plasteo), rotura de bancos sobre parrilla, mantenimiento de vías, limpieza de pozas de sedimentación y rehabilitación de labores subterráneas.

3.5. Diagnóstico organizacional (FODA)

Fortalezas

Las fortalezas detectadas son:

- Alta trayectoria empresarial, New Horus S.A.C. cuenta con más de 13 años de experiencia aportando en el sector minero.
- Liderazgo de Ingenieros Mineros con más de 20 años de experiencia.
- Se dispone de un amplio catálogo de servicios en el rubro minero.
- La prestación de servicios es entregada en su mayoría en los plazos indicados.
- Mecanización de sus operaciones en un 70% con la incorporación de equipos motorizados de limpieza, carguío, acarreo como scooptrams, dumpers; así como equipos de perforación para secciones mayores a 3x3m con desviaciones mínimas durante la perforación tales como jumbos electrohidráulicos.
- Única empresa contratista especializada en prestar servicios de preparación, desarrollo y explotación en la sede de Cedro Mina Consuelo en la Unidad de Producción Marañón.
- Cuenta con servicios de excavación vertical mecanizada mediante jaula ALIMAK, equipo que se desplaza por una cremallera empernada en la pared rocosa en chimeneas de servicios, acceso, ventilación y hasta explotación de minas subterráneas.
- Adquisición e implementación de recursos innovadores que simplifica las tareas de perforación tales como la incorporación de tecnología láser CAD para el marcado de mallas de perforación.
- Fomenta el desarrollo sostenible y trabajo en equipo por medio de la participación contante en Círculos de Mejora Continua.
- Implementación de iluminarias con trípodes para mejorar el panorama visual de

sus labores en interior mina.

- Cuenta con campamentos recién estrenados, bien amoblados para brindar una mejor calidad de vida a sus trabajadores.
- Cuenta con fuentes de comunicación permanente y clara mediante la implementación de redes de cables leaky feeder en interior mina.
- Cuenta con equipos de medición y monitoreo, tales como multidetectores de gases, anemómetros para medición de la velocidad del flujo de aire y/o gases, probador de voltaje sin contacto para personal expuesto a riesgo eléctrico, distanciómetros.

Oportunidades

Las oportunidades identificadas son:

- Incursionar en otras unidades de producción en Compañía Minera Poderosa S.A. y otras minas subterráneas a nivel nacional e internacional, New Horus S.A.C. cuenta solo con labores mineras en la Unidad de Producción Marañón en Karola y Cedro ubicado en Pataz – Departamento de La Libertad.
- Ampliar la cartera de servicios tales como lanzado de concreto para sostenimiento (shotcrete) robotizado.
- El principal competidor en avances verticales con Alimak, era Montali SA., actualmente se ha retirado y ha sido reemplazado por T&H Mining SAC; pero este no puede abarcar en su totalidad la gran demanda de proyectos en las unidades de producción de Compañía Minera Poderosa S.A.

Debilidades

Las debilidades identificadas son:

- Poca experiencia en cuanto a trabajos en chimeneas mediante jauja Alimak.
- Deficiente control de calidad en cuanto a trabajos de sostenimiento de labores.

- Deficiente dirección estratégica en cuanto a la gestión de compras, ya que los recursos son escasos y limitados por ejemplo el inventario limitado de equipos livianos de perforación (Jackleg) para las labores mineras, bajo stock de repuestos para equipos pesados y motorizados.
- Capacidad de inversión limitada.

Amenazas

Las amenazas identificadas son:

- La presencia de otras empresas especializadas mineras que se dedican a las mismas actividades y/o servicios en Compañía Minera Poderosa S.A.
- La incursión de nuevas empresas mineras con las mismas prestaciones.
- Presencia de empresas competitivas como T&H Mining SAC. con más años de experiencia en trabajos de perforaciones subterráneas mecanizadas con Alimak en la Unidad de Producción Maraón en Compañía Minera Poderosa S.A.
- Pérdida constante de los suministros de energía eléctrica por parte del titular, trae consigo pérdidas económicas por los servicios incompletos e interrumpidos.
- Presencia de mineros informales, donde las conexiones hacia las instalaciones de New Horus S.A.C. trae consigo la exposición del personal al riesgo de voladura, gaseamiento, daños a la propiedad como robos, invasiones y amotinamientos; atentando la integridad física de estos, poniendo en riesgo general a las operaciones.
- Problemas con la capacidad de echaderos (chimeneas) de mineral y desmonte que limita la extracción y avance de labores subterráneas.

Gracias a la matriz FODA, se establecen los cuatro tipos de estrategias a plantear, éstas son:

Estrategias FO para atacar

- Construir chimeneas con equipos Alimak en cualquiera de las unidades de producción dentro y fuera de Compañía Minera Poderosa S.A.
- Mecanizar las operaciones mineras en un 70% en cualquier unidad de producción dentro y fuera del departamento de La Libertad.
- Construir labores mineras con mínimos márgenes de desviaciones cumpliendo los plazos establecidos por el cliente en minería subterránea, convencional y mecanizada.
- Realizar trabajos de sostenimiento con concreto lanzado en cualquier unidad de producción que lo requiera.

Estrategias DO para movilizar

- Contratar personal calificado, así como soporte técnico para capacitar constantemente al personal ejecutor de obras con equipos Alimak.
- Adquirir tecnología para sostener labores inestables con lanzado de concreto (shotcrete) robotizado. Consolida nuestra competencia en el mercado minero.
- Asesorar y capacitar al personal logístico, adquiriendo un software que acorte las brechas en cuanto a compras, abastecimientos y envíos de repuestos para cumplir la demanda del cliente y extender nuestros servicios a todo el nivel del país.

Estrategias FA para defender

- Contar con un departamento de productividad y control de pérdidas que trabaje con la parte legal, para justificar sustentablemente los incumplimientos al contrato, programas de producción y avances y evitar sanciones y/o

descuentos económicos.

- Contar con un excelente departamento de estudio jurídico para tratar temas por problemas por incursiones, amotinamiento, robos, daños al personal por parte de personal extraño a las instalaciones asignadas a la empresa.

Estrategias DA para reforzar

- Desvincular laboralmente a personal capacitado que constantemente realice trabajos reincidentes mal ejecutados, potenciales actos que impliquen pérdidas económicas a la empresa.
- Abandonar las operaciones en donde exista la proliferación de personal extraño que atente potencialmente la integridad del personal.
- Renegociar precios unitarios por trabajos realizados donde la ganancia es poco rentable; de lo contrario no realizar dichos trabajos hasta conciliar precios.

CAPÍTULO IV

Resultados

4.1. Diagnóstico

4.1.1. Diagnóstico Inicial

Para definir el diagnóstico inicial de la presente investigación, primero se determinó que, de todas las observaciones presente en el proceso de sostenimiento con pernos helicoidales, cuál(es) urge(n) corregir y/o mejorar para garantizar un trabajo de calidad remunerado; por ello, se recabó y procesó información propia de la organización concerniente al año 2022, desde enero a junio. Y para fines de determinar el orden de prioridades entre problemáticas, se recurrió a la herramienta de la calidad denominado Gráfico de evaluación de Problemas, que a continuación se detalla:

Figura 23

Evaluación de Problemas en Sostenimiento con perno helicoidal

CRITERIO	Duración del trabajo			Implicancia del problema			Inversión para solucionar el problema			Resultados esperados			PUNTAJE TOTAL	ORDEN DE PRIORIDAD
	PUNTAJE			PUNTAJE			PUNTAJE			PUNTAJE				
PROBLEMA	50	30	10	75	45	15	175	105	75	200	120	40		
Pernos mal distribuidos		30			45		175				120		370	3 ^o
Pernos con tuercas flojas	50			75			175			200			500	1 ^o
Pernos sobresalidos (>10cm)		30			45		175					40	290	5 ^o
Pernos no perpendiculares a la roca	50				45		175					40	310	4 ^o
Pernos con malla sin pegar		30		75			175				120		400	2 ^o

Nota. En el presente cuadro, se aprecia que el concepto por pernos helicoidales instalados con tuercas flojas representa el mayor problema concerniente al sostenimiento con estos pernos, obteniendo 500 puntos versus frente a las otras causas.

Pernos Helicoidales Instalados con Tuercas Flojas. El resultado de la evaluación de problemáticas antes mencionado, recae especialmente en el criterio de los resultados esperados y ello implica en el impacto económico con las mejoras que se pueden dar en un año. Por tal, para tener en cuenta este criterio, es necesario dar a conocer la información de este impacto a lo largo de enero a junio del año pasado, como parte clave de la situación actual.

Tabla 2

Estadística de pernos helicoidales instalados por mes (enero – junio 2022)

Año_mes	P.h. instalados	Pernos pagados	Pernos observados	Pernos mal distribuidos	Pernos con tuercas flojas	Pernos sobresalidos (>10 cm.)	Pernos no perpendiculares a la roca	Pernos con malla sin pegar a la roca
202201	515	399	116	22	67	20		7
202202	643	562	81	18	49	5		9
202203	580	469	111	14	60	16	11	10
202204	621	517	104	9	77	7		11
202205	630	501	129	22	57	24	8	18
202206	732	637	95	8	73	12	2	
TOTAL	3,721	3,085	636	93	383	84	21	55

Nota. En esta tabla, se detalla la cantidad total de pernos helicoidales instalados en los 06 primeros meses del año pasado, también se expresa la cantidad de pernos observados que no han sido pagados por no cumplir con el estándar de instalación y son desglosados por cada observación identificada. Se aprecia que, de los 3,721 pernos instalados en la unidad de Karola, 636 han sido observados y de estos, 383 no han sido pagados por presentar tuercas flojas representando un promedio de 64 pernos observados al mes por falta de ajuste.

Con la información detallada en la tabla 2, se interpreta la magnitud que conlleva cada observación y esta es expresada en porcentajes que a continuación se presenta:

Tabla 3

Incidencia de pernos helicoidales observados por mes (enero – junio 2022)

Descripción de la observación	Cantidad	Porcentaje
Pernos mal distribuidos	93	14.62%
Pernos con tuercas flojas	383	60.22%
Pernos sobresalidos (>10 cm.)	84	13.21%
Pernos no perpendiculares a la roca	21	3.30%
Pernos con malla sin pegar a la roca	55	8.65%
Total general	636	

Figura 24

Cantidad de pernos helicoidales observados (06 meses)



Nota. Durante los seis primeros meses del año pasado, se han reportado un total de 636 pernos helicoidales instalados observados sin pagar, de los cuales 383 fueron observados por falta de ajuste de tuercas que representan el 60.22% del total de pernos observados.

Tabla 4*Incidencia de pernos observados con tuercas flojas por mes (antes del proyecto)*

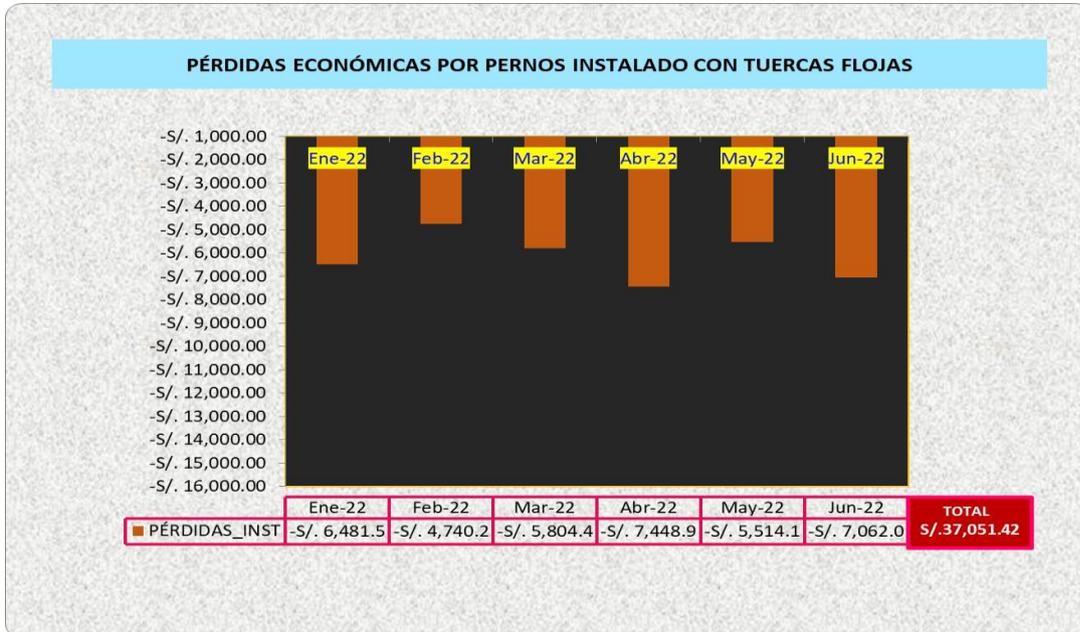
Año_mes	Pernos instalados observados	Pernos con tuercas flojas	Porcentual
202201	116	67	57.76%
202202	81	49	60.49%
202203	111	60	54.05%
202204	104	77	74.04%
202205	129	57	44.19%
202206	95	73	76.84%
TOTAL	636	383	60.22%

Nota. Según la presente tabla, en la estadística de pernos instalados y observados por mes; los pernos observados por tuercas flojas superan el 44%, alcanzando el 76.84% en el mes de junio del 2022.

Pérdidas Económicas por Pernos mal Instalados con Llaves Convencionales. Toda mala instalación aparte de no garantizar el cumplimiento de su propósito, este conlleva una pérdida económica. La falta de ajuste en tuercas en pernos helicoidales en estos 06 primeros meses del 2022, alcanza los 37,051.42 soles; representando en promedio 6,175.24 soles al mes.

Figura 25

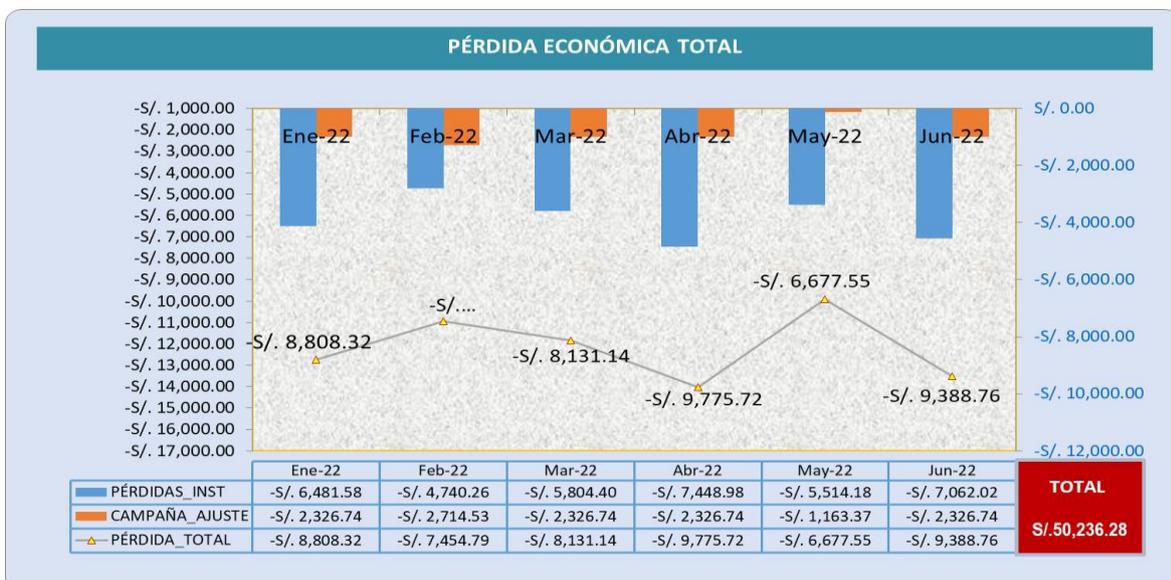
Pérdidas económicas por pernos instalados con tuercas flojas (enero – junio 2022)



Pero la pérdida económica total no solo comprende el costo por la mala instalación de pernos con tuercas flojas; sino que también existe un costo adicional que demanda de tareas para realizar la “Campaña de ajuste de tuercas”, por lo que la pérdida total asciende a s/. 50,236.28 soles, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 26

Pérdida Económica Total (enero – junio 2022)



Tiempos de Ajuste en Tuercas con Llaves Convencionales. Otro aspecto relevante como parte de la situación actual, es el tiempo que demanda instalar un perno helicoidal ajustado con herramientas convencionales hasta lograr el ajuste de las tuercas, como es el caso de llaves Stilson o llaves acondicionadas que requieren de una palanca para generar el giro y por ende el ajuste de las tuercas; ambas llaves son manipuladas manualmente. En las siguientes tablas se detalla la toma de tiempos en el ajuste de pernos helicoidales con dichas herramientas de mano.

Tabla 5

Tiempos de ajuste en tuercas de pernos helicoidales con llave Stilson

Descripción	Zona de instalación	Tiempo (hr:min:seg)
Tuerca n°01	Corona	00:01:53
Tuerca n°02	Corona	00:02:09
Tuerca n°03	Corona	00:02:31
Tuerca n°04	Corona	00:02:14
Tuerca n°05	Corona	00:01:57
Tuerca n°06	Corona	00:00:52
Tuerca n°07	Corona	00:02:13
Tuerca n°08	Hastial	00:00:57
Tuerca n°09	Hastial	00:01:16
Tuerca n°10	Corona	00:01:52
Tuerca n°11	Corona	00:01:28
Tuerca n°12	Corona	00:02:13
Tuerca n°13	Corona	00:01:56
Tuerca n°14	Corona	00:01:18
Tuerca n°15	Corona	00:01:22
Tuerca n°16	Corona	00:01:44
Tuerca n°17	Hastial	00:01:27
Tuerca n°18	Hastial	00:01:08
Tiempo promedio (Con llave Stilson)		00:01:42

Tabla 6*Tiempos de ajuste en tuercas de pernos helicoidales con dado largo acondicionado*

Descripción	Zona de instalación	Tiempo (hr:min:seg)
Tuerca n°01	Corona	00:00:41
Tuerca n°02	Corona	00:00:38
Tuerca n°03	Corona	00:01:03
Tuerca n°04	Corona	00:00:50
Tuerca n°05	Corona	00:01:02
Tuerca n°06	Corona	00:01:12
Tuerca n°07	Corona	00:00:40
Tuerca n°08	Hastial	00:00:33
Tuerca n°09	Hastial	00:00:36
Tuerca n°10	Corona	00:01:03
Tuerca n°11	Corona	00:01:14
Tuerca n°12	Corona	00:00:47
Tuerca n°13	Corona	00:01:13
Tuerca n°14	Corona	00:00:49
Tuerca n°15	Corona	00:01:06
Tuerca n°16	Corona	00:00:54
Tuerca n°17	Hastial	00:00:32
Tuerca n°18	Hastial	00:00:28
Tiempo promedio (Con llave acondicionada)		00:00:51

Al analizar los tiempos promedios para las tablas 5 y 6, se concluye que el uso de la llave con dado largo y palanca es más efectivo que la llave Stilson; pero ello, no lo excluye de que este dado sea una herramienta hechiza (cachimba) por lo que queda su uso es descartado.

Tabla 7*Tiempo de instalación de 18 pernos por guardia (con llave Stilson)*

Descripción	Tiempo (hr:min:seg)
Perforación de barra 4 pies	00:02:19
Retiro de barra	00:00:11
Cambio de barra 6 pies	00:00:13
Perforación de barra 6 pies	00:01:28
Retiro de barra 6 pies	00:00:15
Cambio de barra 8 pies	00:00:12
Perforación de barra 8 pies	00:01:23
Colocado de resina	00:00:16
Colocado de cemco	00:00:32
Colocado de perno de 7 pies	00:00:41
Ajuste de tuerca con llave Stilson	00:01:42
Tiempo de instalación de 01 perno 7 pies (Llave Stilson)	00:09:12
Tiempo de instalación de 18 perno 7 pies (Llave Stilson)	02:45:36

4.2. Diseño de la mejora

4.2.1. Objetivos estratégicos

Para definir el diseño de la mejora, primero se establecen los objetivos y metas en base al diagnóstico inicial descritos en el apartado 4.1.

Tabla 8*Objetivos y metas trazadas*

Objetivo	Indicador	U.M.	Situación actual	Meta	Responsable	Fecha de cumplimiento
Calidad	Pernos helicoidales instalados sin ajustar al mes	Unid./mes	64	0	Pedro Mendoza	28-02-23
Costo	Pérdida económica por perno observado por falta de ajuste al mes	Soles/mes	6,175.24	0	Pedro Mendoza	28-02-23
	Costo por mano de obra en campañas de ajuste de tuercas al mes	Soles/mes	2,197.48	0	Pedro Mendoza	28-02-23
Eficiencia	Tiempo de instalación de 18 pernos helicoidales en una guardia	horas/perno	2hr 45min 36 seg	2hr 15min 36 seg	Pedro Mendoza	28-02-23

Nota. Esta tabla muestra los objetivos y metas trazadas, considerando la situación actual, asignando responsables y plazos de cumplimiento para cada objetivo según sea el indicador a ser medido.

Los objetivos antes mencionados permiten establecer estrategias que garantizan ventajas competitivas tales como lo establece Michael Porter; estas estrategias empresariales se definen de la siguiente manera:

Tabla 9*Objetivos estratégicos según Porter*

Estrategia	Ventaja competitiva	Objetivo	Indicador	Aplicación
Especialización	El producto tiene mayor calidad que el de la competencia, mientras el cliente acepta y está dispuesto a pagar por un precio mayor.	Calidad	Pernos helicoidales instalados sin ajustar al mes.	Reducir la cantidad de pernos observados por falta de ajuste de tuercas
Liderazgo en Costos	El cliente y/o consumidor percibe el servicio con una calidad similar o mejor que el de la competencia con un costo menor en cuanto a un análisis económico.	Costo	Pérdida económica por perno observado por falta de ajuste al mes. Costo por mano de obra en campañas de ajuste de tuercas al mes.	Reducir la pérdida económica por sostenimiento incompleto Reducir el costo de mano de obra adicional
Segmentación	En New Horus se centra con satisfacer las necesidades de su cliente principal, aumentando su eficiencia durante la instalación de pernos helicoidales	Eficiencia	Tiempo de instalación de 09 pernos helicoidales en una guardia.	Reducir el tiempo de instalación de pernos helicoidales

Nota. La presente tabla presenta los objetivos planteados con el fin de buscar la ventaja competitiva que permita no solo alcanzar sus metas; sino también, diferenciarse de su competencia usando tres vías estratégicas como son la de liderazgo en costos, especialización (diferenciación del producto) y segmentación del mercado.

4.2.2. Generación de ideas para contramedidas

Una vez determinado los objetivos e indicadores a medir, se definen las oportunidades de mejora mediante estrategias de generación de ideas para citar las

contramedidas, estas estrategias se auxilian de lluvia de ideas con la Técnica de las 6M y SCAMPER.

Figura 27

Generación de ideas para contramedidas mediante el método SCAMPER.



Nota. Este infograma responde a cada acrónimo de S.C.A.M.P.E.R. ante la implementación de llave de impacto neumática. Adaptado de "Estudio de un Sistema de Gestión de Innovación" caso: Continental Tire Andina S.A. por Romero L., 2014, (<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19870/1/TESIS.pdf>)

Figura 28

Generación de ideas para contramedidas mediante la Técnica de las 6M.

Factores	Cuestionamientos para determinar alternativas de solución
Mano de Obra	<ul style="list-style-type: none">• ¿Conocen los procedimientos y estándares concernientes al sostenimiento con perno y malla?• ¿Los trabajadores están entrenados?• ¿Cualquier trabajador puede llevar a cabo la tarea de sostenimiento de manera eficiente?• Conocen la importancia de la calidad de su trabajo• ¿Son hábiles?• ¿Son experimentados?
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• ¿Están disponibles y en cantidades suficientes?• ¿Son inspeccionados cuidadosamente?• ¿Son de calidad?
Maquinarias (equipos y/o herramientas)	<ul style="list-style-type: none">• ¿Existen en el mercado nacional?• ¿Las herramientas son de calidad, se deforman o hay rotación periódica?• ¿Existen proveedores?• ¿Son accesibles de comprar?• ¿Son fáciles de manipular?• ¿Se cuenta con suministros, energía de accionamiento?• ¿Su peso facilita su manipulación?• ¿Es resistente al golpe y a la presencia de humedad?• ¿Son de calidad?

	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Ofrecen otros usos? • ¿La capacidad del equipo es suficiente? • ¿Equipo y/o herramientas están inspeccionadas? • ¿Cuentan con checklist? • ¿Están lubricadas apropiadamente? • ¿Existe programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados y oportunos? • ¿Es correcta la cantidad por labor? • ¿Se almacenan correctamente? • ¿Están libres de impurezas? • ¿Se están operando correctamente?
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen procedimientos, instructivos bien definidos, claros y entendibles? • ¿Son seguros los métodos, exponen menos al personal? • ¿Son más precisos, dinámicos, demandan de poco tiempo ejecución? • ¿Es mecanizado? • ¿El método asegura buenos resultados en el proceso de sostenimiento con perno? • ¿Es sostenible en el tiempo?
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen condiciones ambientales tales como ventilación, temperatura, estallido de roca y/o altura de trabajo?

Mediciones	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se dispone oportunamente de las mediciones requeridas para detectar y prevenir defectos en el trabajo realizado? • ¿Se cuenta con estándares, medidas del trabajo a realizar?
------------	---

Nota. Este método es el más común y expone los 06 elementos que definen el proceso de sostenimiento con perno y malla; con la finalidad de generar ideas para determinar las contramedidas, se esquematiza por medio de cuestionarios que guardan una estrecha relación con las causas presentes en cada factor. Adaptado de *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (p. 155) por R. Gutiérrez, 2010, Mc Graw – Hill. (<https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>)

4.2.3. Plan de acción

Según Gómez, A. (2019). El plan de acción se estructura con la Técnica 5W+H, que consiste en contestar 06 preguntas básicas:

- WHAT (¿qué se quiere mejorar, hacer?)
- WHY (¿por qué se quiere mejorar?)
- WHEN (¿cuándo se quiere mejorar?)
- WHERE (¿dónde se va a mejorar?)
- WHO (¿quién lo va a mejorar?)
- HOW (¿cómo lo va a mejorar?)

Tabla 10

Plan de acción según la Técnica 5W1H

Factor	Causa Raíz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?
Mano de Obra	Personal no cumple con el Pets de Sostenimiento con perno	Capacitar al personal en Sostenimiento con perno y malla	El sostenimiento con perno realizado está inconcluso	Pedro Mendoza	Elaborar Programa de capacitación en Sostenimiento perno y malla	Mina Tingo, labores principales de los niveles 1600 y 2300	diciembre 2022 a marzo 2023
	No se identifica la condición subestándar ni se establece controles en el IPERC	Capacitar al personal en IPERC	Se labora debajo de pernos helicoidales con las tuercas flojas	Pedro Mendoza	Elaborar y cumplir Programa de capacitación en IPERC	Mina Tingo, labores principales de los niveles 1600 y 2300	diciembre 2022 a marzo 2023
Materiales	Fugas de aire dificulta la instalación de pernos helicoidales	Realizar inspecciones a la red de aire	Existen instalaciones de aire que no cumplen con el estándar	Pedro Mendoza	Se realizarán inspecciones mensuales a la red de aire	Mina Tingo, labores principales de los niveles 1600 y 2300	diciembre 2022 a marzo 2023
Máquina	Herramientas de ajuste adaptadas (hechiza)	Implementar llave de impacto neumática	No existen herramientas de ajuste con mangos largos	Pedro Mendoza	Sustentar económicamente la adquisición de la llave de impacto neumática	Mina Tingo, labores principales de los niveles 1600 y 2300	diciembre 2022 a marzo 2023
Método	Es convencional	Cambiar de método convencional a neumático	Es más rápido, seguro, cómodo y preciso	Pedro Mendoza	Empleando los suministros de aire existentes para accionar la llave de impacto	Mina Tingo, labores principales de los niveles 1600 y 2300	diciembre 2022 a marzo 2023
	No se cuenta con el nuevo procedimiento de sostenimiento con perno y malla.	Implementar PETS para el nuevo procedimiento.	Se incorpora un nuevo equipo en proceso de sostenimiento con perno y malla	Pedro Mendoza	Elaborar un Pets para el ajuste de tuercas de los pernos helicoidales, empleando llave de impacto neumática	Mina Tingo, labores principales de los niveles 1600 y 2300	diciembre 2022 a marzo 2023

Nota. En la presente tabla se presentan las propuestas de las contramedidas en respuesta a la Técnica de las 5W's y 1H, para su posterior ejecución. Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p.55), por C. Gómez, 2019.

4.2.4. Implementación de Contramedidas

En esta etapa se pone en práctica las contramedidas propuestas en el apartado 4.2.3., las mismas que van a ser llevadas a cabo a través de una prueba piloto en la RA LUZ del Nv. 1600.

Factor Mano de obra. Se realizó las capacitaciones al personal de la Contratista Minera New Horus S.A.C., por parte de nuestra supervisión, en Sostenimiento con perno y malla empleando llave de impacto neumática e IPERC en la tarea de sostenimiento perno y malla.

Figura 29

Capacitación en sostenimiento con perno y malla empleando llave de impacto neumática

New Horus		SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		Código: SIG-PROC-03-R-01		
REGISTRO		LISTA DE ASISTENCIA		Versión: 04		
RUC: 2052004342		EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE MINERA SUBTERRANEA		N° Trabajadores en Centro laboral:		
Av. 12 de octubre N° 351 - San Martín de Porres - Lima		Módulo 01 507 8256		FECHA: 10/02/2020		
Página: 1		REGISTRO N°:		Página: 1		
<input type="checkbox"/> Reunión/Otros <input type="checkbox"/> Entrenamiento <input checked="" type="checkbox"/> Capacitación <input type="checkbox"/> Difusión <input type="checkbox"/> Inducción <input type="checkbox"/> Simulacro de Emergencia						
TEMA : <u>SOSTENIMIENTO CON PERNO Y MALLA EMPLEANDO LLAVE DE IMPACTO NEUMÁTICA</u> EXPOSITOR : <u>PEDRO MENDOZA A.</u> LUGAR : <u>RA LUZ</u> Hora Inicio: <u>9:40 am</u> Hora Término: <u>2:28 pm</u> Duración: <u>1h.</u> FECHA: <u>05-12-20</u>						
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI N°	ÁREA	CARGO	FIRMA	OBSERVACIONES
1	Zoon Carlos José	4498204	mina	prof	[Firma]	
2	Ríos Pío Adán	7013002	mina	prof	[Firma]	
3	Sánchez Astora Jacinto	7056174	mina	prof	[Firma]	
4	Mendoza Samuel Placido	7056174	mina	ayudante	[Firma]	
5	Beltrán Dagny Dagny	7127124	mina	mano de obra	[Firma]	
6	Mendoza David Joel	4028101	mina	prof	[Firma]	
7	Mendoza David Joel	4028101	mina	prof	[Firma]	
8	Condor Machuca Paul	7023002	mina	ayudante	[Firma]	
9	Mendoza Edwin José	7012002	mina	prof	[Firma]	
10	Pacheco Luciano Oscar	7012002	mina	prof	[Firma]	
11	Lozano Juan de Julio Elber	7023002	mina	prof	[Firma]	
12	Mendoza David Joel	4028101	mina	prof	[Firma]	
13	Mendoza David Joel	4028101	mina	prof	[Firma]	
14	Che Wacinto William	4023002	mina	ayudante	[Firma]	
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
COMENTARIOS:						
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
NOMBRE: PEDRO MENDOZA AGUIRRE		FIRMA: [Firma]		FECHA: 05-12-20		
CARGO: JEFE DE GUARDIA						

New Horus		SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		Código: SIG-PROC-03-R-01		
REGISTRO		LISTA DE ASISTENCIA		Versión: 04		
RUC: 2052004342		EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE MINERA SUBTERRANEA		N° Trabajadores en Centro laboral:		
Av. 12 de octubre N° 351 - San Martín de Porres - Lima		Módulo 01 507 8256		FECHA: 10/02/2020		
Página: 1		REGISTRO N°:		Página: 1		
<input type="checkbox"/> Reunión/Otros <input type="checkbox"/> Entrenamiento <input checked="" type="checkbox"/> Capacitación <input type="checkbox"/> Difusión <input type="checkbox"/> Inducción <input type="checkbox"/> Simulacro de Emergencia						
TEMA : <u>SOSTENIMIENTO CON PERNO Y MALLA EMPLEANDO LLAVE DE IMPACTO NEUMÁTICA</u> EXPOSITOR : <u>PEDRO MENDOZA</u> LUGAR : <u>RA LUZ</u> Hora Inicio: <u>7:30 pm</u> Hora Término: <u>8:20 pm</u> Duración: <u>50 min</u> FECHA: <u>02-01-20</u>						
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI N°	ÁREA	CARGO	FIRMA	OBSERVACIONES
1	OBANDO RAFAEL E	7002002	mina	op. mano	[Firma]	
2	Sánchez Pío Adán	7013002	mina	op. mano	[Firma]	
3	Otiniano David Matías	4654332	mina	prof	[Firma]	
4	Andrés Ayala José	7023002	mina	prof	[Firma]	
5	Parado Ricardo Víctor	4028101	mina	prof	[Firma]	
6	Yupanqui Esteban Juan	4023002	mina	op. mano	[Firma]	
7	Mendoza David Joel	4028101	mina	prof	[Firma]	
8	Mendoza Edwin José	7012002	mina	prof	[Firma]	
9	Estayola Carlos Oscar	7012002	mina	ayudante	[Firma]	
10	Apollonio Rayo Ricardo	7012002	mina	prof	[Firma]	
11	Yupanqui Esteban Juan	4023002	mina	op. mano	[Firma]	
12	Pérez Roberto Carlos	4023002	mina	op. mano	[Firma]	
13	Yupanqui Esteban Juan	4023002	mina	supervisor	[Firma]	
14	Chirpi de la Cruz Juan Carlos	4023002	mina	op. mano	[Firma]	
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
COMENTARIOS:						
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
NOMBRE: PEDRO MENDOZA AGUIRRE		FIRMA: [Firma]		FECHA: 02-01-20		
CARGO: JEFE DE GUARDIA						

Figura 30

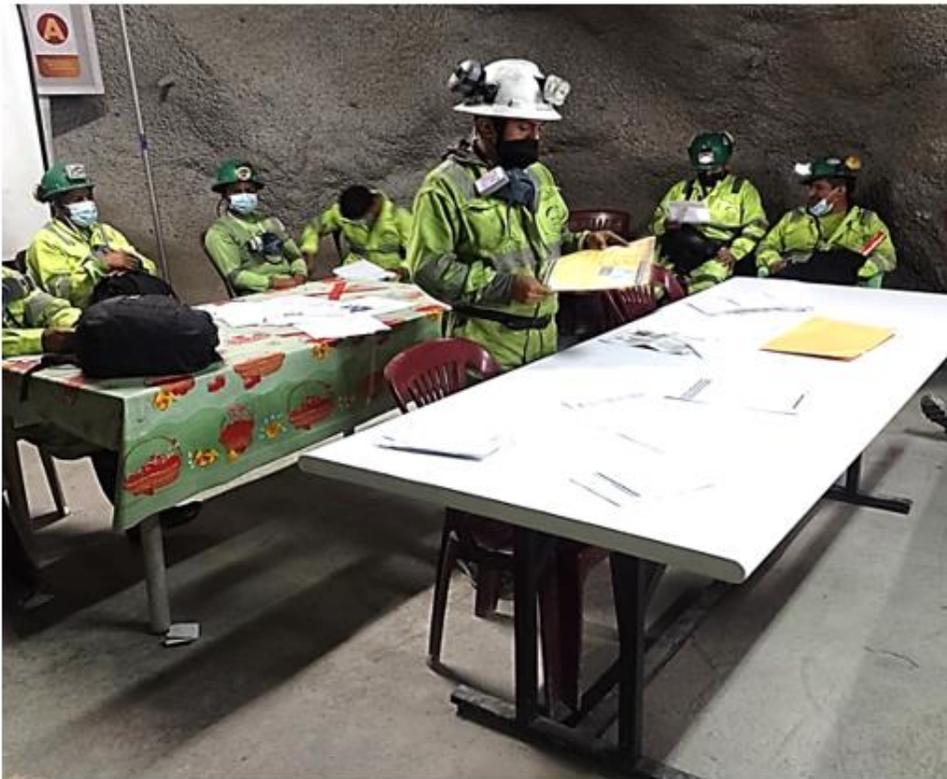
Capacitación en IPERC en sostenimiento con perno y malla

SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO REGISTRO LISTA DE ASISTENCIA		Código: SIG-PROC-03-R-01 Versión: 04 Fecha: 10/02/2020 Página: 1				
RUC: 20522024342 Av. 12 de octubre N° 351 - San Martín de Porres - Lima Teléfono 01 567 8256		EXPLORACION Y EXPLOTACION EN MINERIA SUBTERRANEA N° Trabajadores en Centro laboral: REGISTRO N°:				
<input type="checkbox"/> Reunión/Otros <input type="checkbox"/> Entrenamiento <input checked="" type="checkbox"/> Capacitación <input type="checkbox"/> Difusión <input type="checkbox"/> Inducción <input type="checkbox"/> Simulacro de Emergencia						
TEMA : <u>IPERC: IDENTIFICACION DE PELIGROS, EVALUACION Y CONTROL DE RIESGOS EN SOSTENIMIENTO DE MINAS</u>						
EXPOSITOR : <u>PEDRO MENDOZA</u>		FIRMA:				
LUGAR : <u>N. 2150 SGA Capacitacion</u>		FECHA: <u>05-01-23</u>				
Hora Inicio: <u>7:50 AM</u>	Hora Término: <u>8:45 AM</u>	Duración: <u>55 MIN.</u>				
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI N°	ÁREA	CARGO	FIRMA	OBSERVACIONES
1	Chavez Cheduba David	420808	Mina	Motivista		
2	Cavama Lizbeth John	49297971	Mina	Ayudante		
3	Villanueva Santos Andy	7162654	Mina	Oper		
4	Jalilov Berrojo Polando	44589482	Mina	Oper		
5	Machuca Jorge Hacer	44101692	Mina	Mina		
6	Legado Abramo Aldea	41910716	Mina	AY		
7	Carallo Ezequiel David	40021955	Mina	Ayud.		
8	Alvarez Cristobal D.	2033268	Mina	Jeep		
9	Ponce Guerra Werner	7698902	Mina	Operar		
10	Alvarez Cesar Santos	4003058	Mina	Oper		
11	Cospin Encanto Dionisio	4198191	Mina	Operario		
12	Quirhse Gerardo Robert	7461144	Mina	Operario		
13	Romirez Maximiano Alvaro	7205860	Mina	Operario		
14	RIVERA CLAYTON	8310016	Mina	Operario		
15	Amadori Saúl A.	7110021	Mina	AY		
16	Rios Rios Alfonso	9089038	Mina	op. mina		
17	Saico Torpe Mariano	2000022	Mina	Operario		
18	Bazan Espinoza Beano	42912681	Mina	Operario		
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
COMENTARIOS:						
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
NOMBRE: <u>PEDRO MENDOZA</u>		FIRMA:		FECHA: <u>05-01-23</u>		
CARGO: <u>JEFE DE GUARDIA</u>						

SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO REGISTRO LISTA DE ASISTENCIA		Código: SIG-PROC-03-R-01 Versión: 04 Fecha: 10/02/2020 Página: 1				
RUC: 20522024342 Av. 12 de octubre N° 351 - San Martín de Porres - Lima Teléfono 01 567 8256		EXPLORACION Y EXPLOTACION EN MINERIA SUBTERRANEA N° Trabajadores en Centro laboral: REGISTRO N°:				
<input type="checkbox"/> Reunión/Otros <input type="checkbox"/> Entrenamiento <input checked="" type="checkbox"/> Capacitación <input type="checkbox"/> Difusión <input type="checkbox"/> Inducción <input type="checkbox"/> Simulacro de Emergencia						
TEMA : <u>IPERC: IDENTIFICACION DE PELIGROS, EVALUACION Y CONTROL DE RIESGOS EN SOSTENIMIENTO DE MINAS</u>						
EXPOSITOR : <u>PEDRO MENDOZA</u>		FIRMA:				
LUGAR : <u>N. 2150</u>		FECHA: <u>11-01-23</u>				
Hora Inicio: <u>7:40 PM</u>	Hora Término: <u>8:25 PM</u>	Duración: <u>45 MIN.</u>				
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI N°	ÁREA	CARGO	FIRMA	OBSERVACIONES
1	Ortizayo Rayo E.	7060998	Mina	OP. SGA		
2	Apulitano Rayo Renato	71471672	Mina	AY. MINA		
3	Estrella Gomez SGA	7139929	Mina	Ayudante		
4	Yapas Astivia Jonas	4880974	Mina	Ayudante		
5	Herman Huilhuaco Juan	4019710	Mina	Operario		
6	Sardillo Villavicencio Santos	4016058	Mina	op. mina		
7	Polo Ramirez Wilson	4826088	Mina	Operario		
8	PASA ALVARO ROBERTO	4121611	Mina	Operario		
9	Ponce Saúl Roberto	7117628	Mina	Operario		
10	Romero Rodriguez D.	7277194	Mina	Operario		
11	Varela Herrera Robert	4388098	Mina	Operario		
12	Paredes Pajuna Jhon	7792205	Mina	Operario		
13	Gutierrez Guipuzco Nelson	4448158	Mina	Operario		
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
COMENTARIOS:						
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
NOMBRE: <u>PEDRO MENDOZA ACQUILE</u>		FIRMA:		FECHA: <u>11-01-23</u>		
CARGO: <u>JEFE DE GUARDIA</u>						

Figura 31

Capacitación del instructivo: Uso de llave de impacto neumática en el sostenimiento con perno y malla



USO DE LLAVE DE IMPACTO NEUMÁTICA EN EL SOSTENIMIENTO CON PERNO Y MALLA

1. Inspeccionar el equipo y accesorios de acuerdo al Checklist.
2. Purgar la manguera de aire antes de conectarla al equipo.
3. Se procederá a realizar la conexión de la manguera de aire, procediendo a agregar aceite a la lubricadora (Con las válvulas cerradas).
4. Verificar el buen funcionamiento de la llave de impacto neumática, revisar el sentido de giro del regulador de velocidad (anti-horario) y probar en vacío.
5. Proceder al ajustado de las tuercas posicionándose a un piso firme, colocando sus piernas balanceadas, luego insertara el adaptador de la llave de impacto neumática en la tuerca del perno, previamente presentado en el perno helicoidal, procediendo al ajustado correspondiente.
6. Para el ajustado de pernos helicoidales el operador se posicionará en un piso firme. Luego procederá al colocado del acople de la llave de impacto a la tuerca previamente presentada en la cota del perno helicoidal hasta lograr el ajuste correcto de acuerdo al estándar. En caso de que no se pueda hacer los ajustes desde piso firme el operador debe utilizar los gradines.
7. Para el proceso de ajustado de los pernos, el operador procederá a activar el equipo, presionando el pulsador de velocidad. Una vez enroscado la tuerca hasta adherir la placa de sujeción a la roca y conseguido el torque exigido en el estándar, se deja de presionar el pulsador de velocidad, procediendo a retirar la llave de impacto neumática.
8. Se repite los pasos anteriores hasta concluir con el ajuste de todas las tuercas.
9. Al concluir el trabajo, cerrar la válvula de aire de la red principal, luego proceder a descargar el aire de la llave de impacto, y desempatar la pistola de la manguera de aire, finalmente guardar el equipo y accesorio a un lugar seguro.

1. Regulador de giro y torque
2. Pulsador de encendido
3. Rodamiento
4. Pie de encastre
5. Mango
6. Entrada de aire

Nota. Se llevó a cabo la capacitación con el primer instructivo (enmicado) concerniente al sostenimiento con perno y malla empleando la llave de impacto

Factor Materiales. Se llevó a cabo la inspección de las redes de aire, eliminándose fugas de aire y además se evidenció la presencia de agua en las tuberías de aire; perjudicando el rendimiento de la perforadora Jackleg.

Figura 32

Eliminación de fugas de aire en tuberías en las redes principales de la CR NE del Nv. 1600.



Nota. Se eliminó fugas de aire en tuberías de 4" de diámetro por medio de acoples rápidos con sus cadenas de seguridad, además se eliminó empalmes antiguos fuera del estándar.

Figura 33

Instalación de purgadores en las redes de aire



Nota. Los purgadores en las tuberías de aire comprimido se instalan a 100 m de los frentes de avance, así como puntos estratégicos como intersecciones en el Nv.1600.

Factor Maquinaria. La tecnología bien aplicada nos facilita realizar tareas que ameritan realizar esfuerzos continuos como es el caso de ajustar tuercas; si bien es cierto, que existen herramientas de mano tales como llaves francesas, Stilson que suplen estas necesidades; estas no aportan velocidad, su precisión depende de la persona que lo manipule y le demandará de tiempo. Actualmente existe la implementación informal de herramientas de mano adaptadas (hechizas) que no ofrecen seguridad, se deforman y finalmente se rompen; por tal se implementó la llave de impacto neumática para mejorar el ajuste de tuercas.

Figura 34

Implementación de llave de impacto neumática



Nota. Existen varias marcas y modelos en el mercado de llaves de impacto, a batería, eléctricas o neumáticas; en vista a los suministros de aire existentes en la mina, se optó por una neumática. Con respecto a la capacidad del equipo, ésta está ligada a la

medida de dado a emplear, en este caso de $\frac{3}{4}$ " para las tuercas de pernos helicoidales de 19 y 22mm de diámetro. En la presente figura se aprecia una llave de impacto de $\frac{3}{4}$ " en la marca Stanley con un torque de 1626 Nm, suficiente para ajuste de tuercas; este equipo cuenta con accesorios claves tales como lubricadora, dados largos, manguera de $\frac{1}{2}$ ", reductores desde 1" hasta $\frac{1}{4}$ " NTP con sus respectivas abrazaderas, a pesar de ser un equipo con un año de antigüedad y prestado para realizar pruebas, su rendimiento sigue siendo el mismo, todo depende de una buena lubricación.

Para la verificación de pre-uso de la llave de impacto, se elaboró el checklist, teniendo en cuenta los accesorios empleados en el sistema neumático. Este instrumento facilita la revisión superficial del equipo por medio de la observación. Identifica posibles fallas mecánicas visibles y su finalidad es determinar una primera predisposición del estado del equipo antes del ajuste de tuercas en los pernos helicoidales de sostenimiento.

Figura 35

Checklist para llave de impacto neumática

		CHECK LIST DE LLAVE DE IMPACTO NEUMÁTICA			Rev.: 01	
EMPRESA :		LABOR :				
FECHA :		NIVEL :				
HORA :		VETA :				
REALIZADO POR:		FRECUENCIA :				
LLAVE DE IMPACTO N: _____	PUNTOS PARA SER INSPECCIONADOS	ESTADO	PLAN DE ACCIÓN DEL RESPONSABLE (SI HAY OBSERVACIONES)			
			QUIEN	CUANDO	VERIFICACIÓN	
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>1. Regulador de giro y torque 2. Pulsador de encendido 3. Rodamiento 4. Pin de encastre 5. Mango 6. Entrada de aire</p> </div>	PARTES DE LA LLAVE DE IMPACTO					
	1.1	Regulador de Velocidad				
	1.2	Pulsador de velocidad				
	1.3	Rodamiento				
	1.4	Pin de seguridad o pasador				
	1.5	Mango				
	1.6	Entrada de aire NTP 1/4"				
	SISTEMA NEUMÁTICO					
	2.1	Reductor 1 a 3/4"				
	2.2	Reductor 3/4" a 1/2"				
2.3	Manguera de aire					
2.4	Lubricadora					

NOTA: SI ALGUNO DE LOS ITEM DEL LISTADO **NO ESTÁ CONFORME**, NO USAR EL EQUIPO/ELEMENTO.

CODIGO DEL ESTADO: E = EXCELENTE B = BUENO, M = MALO

RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN

SUPERVISOR

Factor Método. En vista al cambio de método de trabajo, de manual a mecanizado, gracias a la energía neumática; este conlleva a que se elabore un procedimiento muy aparte del Pets de Sostenimiento con perno y malla, que sirva de guía y material lector para capacitar al recurso humano. Son varios los motivos los que llevaron por elegir esta forma de trabajar, entre estos están la velocidad, comodidad, versatilidad, precisión con más seguridad para el personal. A continuación, se describe el paso a paso para llevar a cabo el nuevo método de trabajo, se trata del Pets de ajuste de tuercas de pernos helicoidales empleando llave de impacto neumática:

	PETS AJUSTE DE TUERCAS DE PERNOS HELICOIDALES EMPLEANDO LLAVE DE IMPACTO NEUMÁTICA		U.P. MARAÑÓN CMPSA
	Área: Operaciones	Versión: 01	
	Código: MIN-PETS-57	Página 75 de 3	

1. PERSONAL

Este procedimiento es de aplicación de todo trabajador que labora en sostenimiento con perno y malla, Supervisores de Operación Mina, Jefes de Turno Mina, Jefe de Guardia, Jefe de Guardia Junior, Ingeniero Residente, Asistente de Residente, Ingeniero de Seguridad y Asistente de Seguridad. Es de conocimiento del Gerente General de la empresa.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Casco con portalámparas y barbiquejo, correa portalámpara, lámpara a batería, ropa de trabajo con cintas reflectivas, respiradores contra polvo, botas de jebe con

punta de acero, guantes de cuero o neoprene, tapones de oído y lentes de seguridad de malla, arnés de seguridad y línea de vida (trabajos en altura).

3. EQUIPO/HERRAMIENTAS/MATERIALES

- 3.1 Llave de impacto neumática
- 3.2 Dado de tubo hexagonal de 19 y 22 mm
- 3.3 Manguera de aire 3/8"
- 3.4 Manguera de aire 3/4"
- 3.5 Reducción de 1" a 3/4"
- 3.6 Reducción de 3/4" a 1/2"
- 3.7 Reducción NTP 1/4" a 1/2"
- 3.8 Campana bushing de 3/4"
- 3.9 Abrazaderas de 3/4" y 1/2".
- 3.10 Barretillas de 4', 6', 8', 10' y 12'
- 3.11 Gradin metálico, combo de 4lbs
- 3.12 Cono reflectivo.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1 El trabajador debe verificar sus EPP's antes de ingresar al turno de trabajo.
- 4.2 Inspeccionar el área de trabajo y registrar en el formato de IPERC continuo.
- 4.3 El área de trabajo debe estar ventilada, ordenada y desatada.
- 4.4 Inspeccionar herramientas y accesorios (principalmente dado de tubo hexagonal y gradín); en caso de que no esté en buen estado realizar el cambio correspondiente.
- 4.5 Verificar el buen funcionamiento de la pistola neumática, revisar el sentido de giro en la perilla (anti-horario) y probar en vacío.

- 4.6 El ayudante procederá a realizar la conexión de la manguera de aire del equipo a la red principal, siempre con la válvula cerrada.
- 4.7 Para el ajuste de las tuercas de los pernos helicoidales de la corona, posicionar el gradín en un piso firme, y el operador se posicionará con los pies bien balanceados. En el caso de que el ajuste de tuercas sea en los hastiales, el operador del equipo se ubicará frente a la placa y tuerca enroscada en el borde del perno helicoidal.
- 4.8 El operador de la llave de impacto neumática se posicionará en un piso firme, mantendrá un pie delante del otro y nunca sobre extendiendo el cuerpo.
- 4.9 El operador insertará el dado de tubo hexagonal en el encastre de la llave de impacto neumática, para luego insertar el dado en la tuerca del perno helicoidal.
- 4.10 El operador procederá a activar el equipo, presionando el gatillo, sin esforzar el ingreso de la tuerca.
- 4.11 Una vez enroscado la tuerca hasta adherir la placa a la roca, se procede a retirar la pistola neumática.
- 4.12 Repite los pasos anteriores hasta concluir con el ajuste de todas las tuercas.
- 4.13 Al concluir el trabajo, cerrar la válvula de aire de la red principal, retirar el dado de tubo hexagonal del encastre de la llave de impacto y proceder a guardar el equipo y accesorio de un lugar seguro.
- 4.14 Al inicio, durante y al término de la tarea se debe aplicar COLPA.

5. RESTRICCIONES

- 5.1 Si hay presencia de gas en la labor, el trabajador debe salir inmediatamente de la labor y ventilar.
- 5.2 Jamás opere la llave de impacto neumática bajo la influencia de drogas o alcohol.

- 5.3 Antes de iniciar a operar la llave de impacto neumática, se debe comprobar el buen funcionamiento de este, verificar las conexiones y empalmes, debe estar completamente seguros; de no ser así, no se opera el equipo.
- 5.4 El operador de la llave de impacto debe estar autorizado y capacitado; de no ser así, no se opera el equipo.
- 5.5 Jamás apunte ni descargue el dado de tubo hexagonal contra sí mismo o contra los demás.
- 5.6 Si el dado de tubo hexagonal presenta deformidades y/o bordes filudos, cambiar de inmediato; de no ser así no se opera el equipo.
- 5.7 No reemplace o trabaje con llaves o dados de uso manual como, accesorio(s) de la pistola neumática.
- 5.8 Jamás transporte la llave de impacto tomándola de su manguera, ni mucho menos con el dedo sobre el gatillo.
- 5.9 Prohibido manipular la tuerca o perno helicoidal, cuando la llave de impacto esté en funcionamiento.
- 5.10 Desconecte la manguera de aire de la llave de impacto cuando el equipo no se encuentre en uso, y guárdela en un lugar seguro.
- 5.11 De haber fallas con el equipo, paralizar la actividad y comunicar al supervisor; las reparaciones deben ser efectuadas únicamente por el mecánico o representantes autorizados.

4.2.5. Resultados obtenidos (diagnóstico final)

Pernos Helicoidales Instalados con tuercas flojas. En esta oportunidad se detalla la cantidad de pernos helicoidales instalados entre los meses de diciembre del 2022 a febrero del 2023, con la participación de la llave de impacto puesto a prueba en el Nv. 1600.

Tabla 11

Estadística de pernos helicoidales instalados por mes (diciembre 2022 – febrero 2023)

Año_mes	P.h. instalados	Pernos pagados	Pernos observados	Pernos mal distribuidos	Pernos con tuercas flojas	Pernos sobresalidos (>10 cm.)	Pernos no perpendiculares a la roca	Pernos con malla sin pegar a la roca
202212	591	542	49	12	22	13		2
202301	604	562	40	9	11	7	6	7
202302	547	508	39	11	9	9	5	5
TOTAL	1,742	1,614	128	32	42	29	11	14

Nota. En esta tabla, se detalla la cantidad total de pernos helicoidales instalados con la llave de impacto desde diciembre del 2022 hasta el cierre de mes de febrero del presente año, donde se aprecia que, de los 1,742 pernos instalados en la unidad de Karola, 128 han sido observados y de estos, 42 no han sido pagados por presentar tuercas flojas representando un promedio de 14 pernos observados al mes por falta de ajuste.

La incidencia que representa los pernos instalados con las tuercas flojas en función a la cantidad de pernos observados representa el 32.81% (ver tabla 11), gracias a la implementación de la llave de impacto que está aún en proceso de implementación en una sola labor como piloto; ya que en la zona de Karola, existen dos rampas principales, la RA LUZ y RA LUZ1 del Nv. 1600.

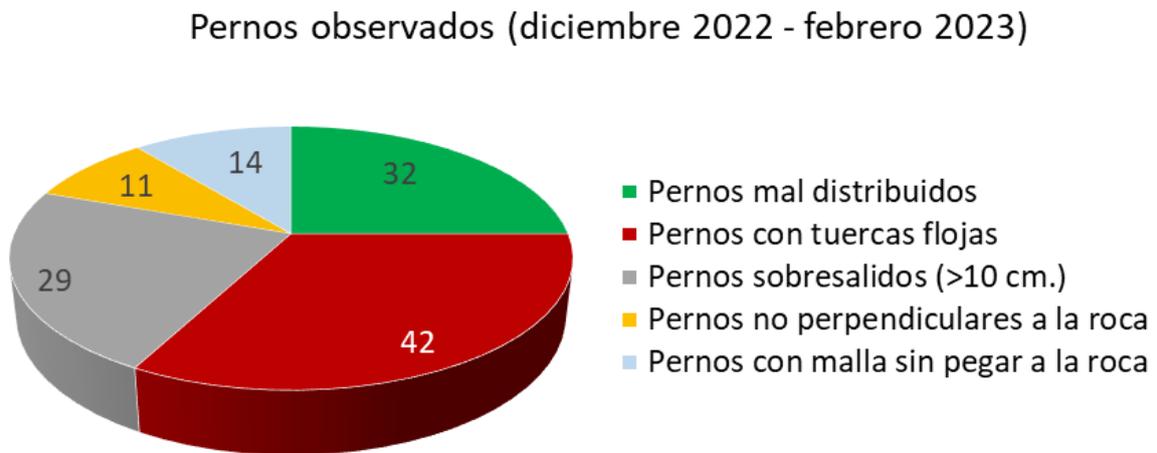
Tabla 12

Incidencia de pernos helicoidales observados por mes (diciembre 2022 – febrero 2023)

Descripción de la observación	Cantidad	Porcentaje
Pernos mal distribuidos	32	25.00%
Pernos con tuercas flojas	42	32.81%
Pernos sobresalidos (>10 cm.)	29	22.66%
Pernos no perpendiculares a la roca	11	8.59%
Pernos con malla sin pegar a la roca	14	10.94%
Total general	128	

Figura 36

Cantidad de pernos helicoidales observados (diciembre 2022 – febrero 2023)



Nota. Durante los meses de diciembre del 2022 hasta los dos primeros meses del presente año, se han reportado un total de 128 pernos helicoidales instalados observados sin pagar, de los cuales 42 fueron observados por falta de ajuste de tuercas que representan el 32.81% del total de pernos observados.

Tabla 13*Incidencia de pernos observados con tuercas flojas por mes (después del proyecto)*

Año_mes	Pernos instalados observados	Pernos con tuercas flojas	Porcentual
202212	49	22	44.90%
202301	40	11	27.50%
202302	39	9	23.08%
TOTAL	128	42	32.81%

Pérdidas Económicas por Pernos Instalados con Tuercas Flojas. Con la implementación de la llave de impacto neumática, las pérdidas económicas entre los meses de diciembre del 2022 hasta febrero del 2023, han disminuido alcanzando montos de 4,063.08 soles; representando en promedio 1,354.36 soles al mes.

Figura 37

Pérdidas económicas por pernos instalados con tuercas flojas (diciembre 2022 – febrero 2023)

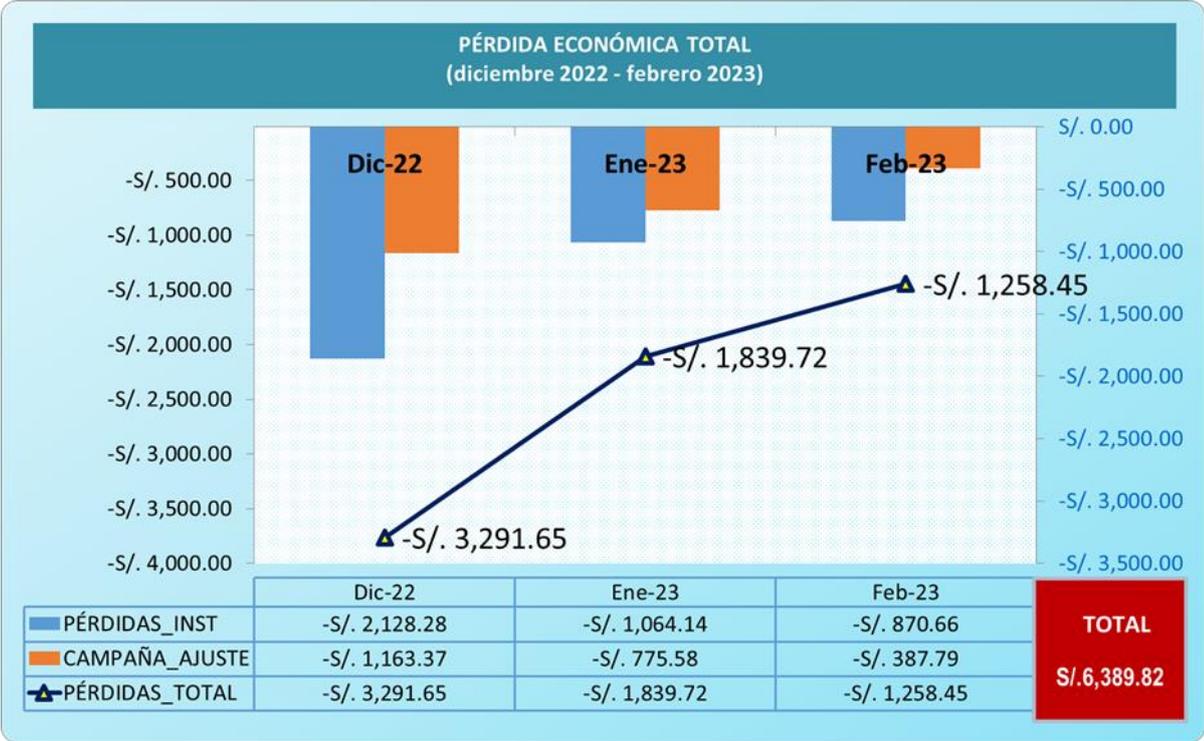


Por otro lado, las campañas de ajuste de tuercas también se han reducido en estos tres meses de prueba, a pesar de la implementación de la llave de impacto neumática, debido a que solo se cuenta una llave de impacto para dos labores principales en el Nv. 1600, por lo que aún no se exilian estas prácticas adicionales.

La pérdida económica total que comprende el costo por la mala instalación de pernos con tuercas flojas y el costo adicional por realizar tareas en campañas de ajuste de tuercas, por lo cual, la pérdida total asciende a s/. 6,389.82 soles, representando una pérdida total de 2,129.94 soles por mes; el detalle se aprecia en la siguiente figura:

Figura 38

Pérdida Económica Total (diciembre 2022 a febrero 2023)



Tiempos de Ajuste en Tuercas con Llave de impacto. Cabe resaltar que la cantidad de pernos instalados por guardia, va a depender del avance ya sea con Jackleg o con jumbo, de ser el caso si el avance a sostener es con Jumbo, el sostenimiento amerita sostener 18 pernos helicoidales de 7 pies.

Tabla 14

Tiempos de ajuste en tuercas de pernos helicoidales con llave de impacto

Descripción	Zona de instalación	Tiempo (hr:min:seg)
Tuerca n°01	Corona	00:00:07
Tuerca n°02	Corona	00:00:09
Tuerca n°03	Corona	00:00:08
Tuerca n°04	Corona	00:00:10
Tuerca n°05	Corona	00:00:09
Tuerca n°06	Corona	00:00:12
Tuerca n°07	Corona	00:00:13
Tuerca n°08	Hastial	00:00:09
Tuerca n°09	Hastial	00:00:11
Tuerca n°10	Corona	00:00:12
Tuerca n°11	Corona	00:00:10
Tuerca n°12	Corona	00:00:14
Tuerca n°13	Corona	00:00:11
Tuerca n°14	Corona	00:00:13
Tuerca n°15	Corona	00:00:12
Tuerca n°16	Corona	00:00:15
Tuerca n°17	Hastial	00:00:09
Tuerca n°18	Hastial	00:00:11
Tiempo total de ajuste (llave de impacto)		00:03:11
Tiempo promedio		00:00:11

Tabla 15*Tiempo de instalación de un perno de 7 pies (con llave de impacto)*

Descripción	Tiempo (hr:min:seg)
Perforación de barra 4 pies	00:02:23
Retiro de barra	00:00:07
Cambio de barra 6 pies	00:00:12
Perforación de barra 6 pies	00:01:22
Retiro de barra 6 pies	00:00:11
Cambio de barra 8 pies	00:00:13
Perforación de barra 8 pies	00:01:17
Colocado de resina	00:00:14
Colocado de cemco	00:00:33
Colocado de perno de 7 pies	00:00:38
Ajuste de tuerca con llave impacto	00:00:11
Tiempo de instalación de 01 perno 7 pies (Llave de impacto)	00:07:21
Tiempo de instalación de 18 pernos 7 pies (Llave de impacto)	02:12:18

En la siguiente tabla se detalla el resumen de todos los resultados para cada objetivo planteado en el plan de acción, para su posterior conclusión:

Tabla 16*Resumen de resultados*

Objetivo	Indicador	U.M.	Situación actual	Meta	Resultados	Responsable	Fecha de cumplimiento
Calidad	Pernos helicoidales instalados sin ajustar al mes	Unid./mes	64	0	14	Pedro Mendoza	28-02-23
Costo	Pérdida económica por perno observado por falta de ajuste al mes	Soles/mes	6,175.24	0	1,354.36	Pedro Mendoza	28-02-23
	Costo por mano de obra en campañas de ajuste de tuercas al mes	Soles/mes	2,197.48	0	775.58	Pedro Mendoza	28-02-23
Eficiencia	Tiempo de instalación de 18 pernos helicoidales en una guardia	horas/perno	2hr 45min 36 seg	2hr 15min 36 seg	2hr 12min 18 seg	Pedro Mendoza	28-02-23

Nota. En esta tabla se aprecia la comparación cuantitativa de los valores obtenidos en el diagnóstico inicial, meta y resultados recabados, donde resalta que se han reducido significativamente la cantidad de pernos instalados observados por tuercas flojas, de 64

a 14 pernos por mes; por otro lado, no se ha conseguido evitar pérdidas económicas por mala instalación, así como costos por mano de obra por campañas por la falta de otra llave de impacto. Con respecto al objetivo que engloba la eficiencia del trabajo realizado, este si ha logrado reducir el tiempo en 33 minutos por turno de trabajo.

4.3. Mecanismos de control

4.3.1. Sistema de medición de desempeño

Para lograr el seguimiento y control del cumplimiento de objetivos estratégicos por responsables y en los plazos establecidos dentro de un plan de acción, es necesario contar con el tablero de medición de desempeño, que permite relacionar cada objetivo con sus indicadores y estos con sus metas para llevar el control de lo planteado y de ser el caso modificarlo o alinearlo hasta alcanzarlo, ya que como todo plan de acción existe la posibilidad de que ocurran impases que cambien las propuestas iniciales afectando con ello las metas planteadas; por ello, es prioridad llevar a cabo un sistema de control que facilite recabar información y comparar los resultados y a la vez implementar oportunamente nuevas contramedidas asegurando el logro de los resultados deseados (Barahona et al., 2010).

A continuación, se detalla el tablero de medición de desempeño mencionado en el apartado 4.2, pero con las iniciativas por responsable:

Tabla 17*Tablero de medición de desempeño*

Objetivo	Indicador	U.M.	Situación actual	Meta	Responsable	Iniciativas
Calidad	Pernos helicoidales instalados sin ajustar al mes	Unid./mes	64	0	Pedro Mendoza	Implementar llave de impacto para asegurar el ajuste de tuercas Elaborar nuevo procedimiento de sostenimiento con perno y malla Capacitar al personal en sostenimiento perno y malla empleando llave de impacto
Costo	Pérdida económica por perno observado por falta de ajuste al mes	Soles/mes	6,175.24	0	Pedro Mendoza	Sustentar económicamente la compra de llave de impacto neumática
	Costo por mano de obra en campañas de ajuste de tuercas al mes	Soles/mes	2,197.48	0	Pedro Mendoza	Eliminar las horas en campañas de ajuste de tuercas

Objetivo	Indicador	U.M.	Situación actual	Meta	Responsable	Iniciativas
Eficiencia	Tiempo de instalación de 18 pernos helicoidales en una guardia	horas/perno	2hr 45min 36 seg	2hr 15min 36 seg	Pedro Mendoza	Mejorar los tiempos del proceso de sostenimiento con perno y malla

Nota. Esta tabla muestra los objetivos y metas para cada indicador, así como las iniciativas del responsable, cuyas acciones son claves para el cumplimiento de cada objetivo; que, si bien es cierto, se listan en el presente tablero; guardan una estrecha relación entre estos, ya que su cumplimiento da paso o facilita el resultado de otros objetivos. Adaptado de *Herramientas o mecanismos de control de gestión a considerar en la implementación de una nueva estrategia – Grupo Synergy: una aplicación práctica* por Barahona et al., 2010. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/135220/Herramientas%20o%20mecanismos%20de%20control%20de%20gesti%3%b3n%20a%20considerar%20en%20la%20implementaci%3%b3n%20de%20una%20nueva%20estrategia%20-%20Grup.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPÍTULO V

SUGERENCIAS

1. El diseño del diagnóstico trae consigo analizar y seleccionar qué aspectos necesitan ser mejorados en el proceso del sistema de sostenimiento con pernos helicoidales, pero para ello es necesario recabar información clave que facilite proponer y evaluar las mejoras, por tal, se sugiere que se forme una comisión con representantes del área operativa así como áreas vinculadas para iniciar con la identificación de los problemas mediante la lluvia de ideas para luego dar la mayor atención a aquellos problemas que son clasificados como prioritarios.
2. Dentro del plan de acción, es importante definir los responsables para cada contramedida planteada, que asegure con éxito no solo los resultados, sino que también sirvan de soporte a las demás áreas dentro del seguimiento del desempeño; para ello, es necesario detallar cuáles serán sus objetivos, cuál será su aporte y de qué manera será medido tanto sus avances como resultados. Con respecto al factor mano de obra, existe la probabilidad de amenaza de que personal nuevo desconozca el nuevo procedimiento de sostenimiento con el ajuste de tuercas de pernos helicoidales empleando llave de impacto neumática, por lo cual es prioritario no solo llevar a cabo una capacitación sino también hacer seguimiento al desempeño de la actividad mediante observaciones planeadas de trabajo (OPT), esto también proporcionará mejoras oportunas en dicho procedimiento. Por otro lado, en el factor máquina, es necesario adaptar una lubricadora a la llave de impacto neumática en la línea de aire en la manguera de salida de este, para asegurar la lubricación de las partes internas del equipo cada vez que se utilice, es

recomendable usar aceite torcula para lograr la lubricación; también es recomendable implementar purgadores de aire en la red de tuberías para minimizar la presencia de humedad que dañe, corroe las piezas internas de la llave de impacto; por ello es importante que, antes de emplear el equipo, primero se debe realizar una inspección visual mediante el checklist de pre-uso.

3. En el mecanismo de seguimiento y control es necesario que se establezcan mecanismos de control del antes y después de haberse implementado, ya que el personal involucrado conocedores de las áreas donde serán medidas, inicialmente pondrán su mayor esfuerzo en dichas zonas; en cambio en el desarrollo del seguimiento pueden existir cambios o mejoras que reformulen los controles, permitiendo la sostenibilidad y revalidando la eficacia del control. Por otro lado, en la elaboración de un tablero de desempeño de gestión como herramienta de control es necesario tener en cuenta un mismo denominador como unidad de medida para cada indicador, uniformando la comparación de resultados obtenidos con los planteados.

CONCLUSIONES

1. Durante la definición de la situación actual de New Horus SAC, se revalida que sin diagnóstico no se puede intervenir eficazmente en la mejora del proceso de sostenimiento con perno helicoidal; donde al revisar la información, se puede determinar de que no existe un control estratégico operacional ni mucho menos una evaluación del desempeño de los indicadores dentro del proceso, donde los resultados obtenidos solo son transmitidos de manera esporádica y efímera al personal ejecutor, dejando pasar la oportunidad de sensibilizar, alinear, comprometer haciendo propio los objetivos planteados. Una de las finalidades del diagnóstico es corroborar si existe indicios de lograr mejorar un proceso, cuánto se ha mejorado, qué contramedidas han logrado mejores resultados, cuales descartar o simplemente aprender y buscar la mejora continua.
2. Para llevar a cabo el plan de acción, la gerencia general juega un papel importante para llevar a cabo la materialización de las contramedidas de solución; es aquí donde se plantea, sustenta, aprueba y proporcionan los recursos necesarios para cada responsable; donde el responsable brinda la información concerniente al avance de sus objetivos.
3. El tablero de control de gestión, es una herramienta clave de medición durante la evaluación de resultados, ya que contienen los objetivos y metas operacionales y estratégicos que el gerente general debe dedicar el mayor esfuerzo para garantizar el cumplimiento de dichos objetivos con eficacia y eficiencia, comparando la realidad actual, con la propuesta y la obtenida. Este tablero facilita el control, la revalidación y hasta la reformulación de objetivos, que pueden ser periódicamente evaluados y sacar el mayor provecho con la mejora continua.

4. Con respecto a los resultados obtenidos con la implementación de contramedidas planteadas en el plan de acción, se ha logrado disminuir el costo y tiempo al incrementar el rendimiento del sostenimiento tradicional con perno helicoidal de 7 pies; ya que, la cantidad de pernos instalados observados por la falta de ajuste en sus tuercas, se ha reducido mensualmente de 64 a 14 unidades, esto representa una reducción del 78.13% con el método convencional. Mientras que ya que las pérdidas económicas mensuales por pernos mal instalados han descendido de S/. 6,175.24 a S/. 1,354.36, reduciendo la tasa en un 78.06 % menos de lo acostumbrado: los costos adicionales por mano de obra empleado en las campañas de ajuste, también han descendido de S/. 2,197.48 a S/. 775.58, esto representa una reducción del 64.71% menos de lo acostumbrado. Finalmente, con respecto al tiempo de instalación de 18 pernos helicoidales de 7 pies, se ha logrado reducir el tiempo acostumbrado de 02 horas con 45 minutos y 36 segundos a 02 horas con 12 minutos y 18 segundos, esto representa una reducción del 16.36% del tiempo acostumbrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Almanza, A. y Carrascal, H., (2020). Diseño y construcción de una red de distribución de aire comprimido para el uso de herramientas neumáticas en la empresa Freno Sinú s.a.s. en la ciudad de Montería.* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional de la Universidad de Córdoba.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2598>
- Alva, L. (2019). Optimización del sostenimiento con barras helicoidales y pernos Split set de 5 pies mediante el control de calidad entes, durante y después de la instalación en la empresa minera.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo.
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13398/ALVA%20MALLQUI%2c%20LALITO%20MICHAEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asociación Civil Empresa Peruana del Año (s.f.). *Premio Empresa Peruana del Año.*
<https://www.premioempresaperuana.com/portfolio/new-horus/>
- Barahona, C., Barrientos, E. y Lazón, E. (2010). Herramientas o mecanismos de control de gestión a considerar en la implementación de una nueva estrategia – Grupo Synergy: una aplicación práctica* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional Universidad de Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/135220/Herramientas%20o%20mecanismos%20de%20control%20de%20gesti%c3%b3n%20a%20considerar%20en%20la%20implementaci%c3%b3n%20de%20una%20nueva%20estrategia%20-%20Grup.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrera, N. (2020). Estudio en fortificación de perno anclaje e inyección* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio Institucional Universidad Técnica Federico Santa María.

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48837/3560901064858UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chua, R. (7 de agosto de 2019). *Fundamentos de la excelencia Operativa*.

<https://www.linkedin.com/learning/fundamentos-de-la-excelencia-operativa>

Fernández, C. y Ramírez, C. (2018). Estudio de sistemas de fortificación para la mina subterránea "Olkusz – Pomorzany" en Polonia. [tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Repositorio Institucional de Universidad de Concepción.

<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3390>

Flores, M. (2014). *Criterios de Selección y Sistemas de Sostenimiento para el control de inestabilidades subterráneas – Pernos de Anclaje* [Diapositiva PowerPoint].

https://www.academia.edu/24968499/Criterios_de_selecci%C3%B3n_de_elementos_de_sostenimiento_para_el_control_de_inestabilidades_subterr%C3%A1neas_Selecci%C3%B3n_de_Pernos_de_anclaje

Gómez, C. (2019). *Herramientas de la Calidad*. Centro de desarrollo Industrial.

Gómez, J. (05 de diciembre de 2017). *La “Espina de pescado” de Ishikawa y su relación con el enfoque de marco lógico*. <https://www.cerem.pe/blog/la-espina-de-pescado-de-ishikawa-y-su-relacion-con-el-enfoque-de-marco-logico>

Gutiérrez, R. (2010). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. (2ª ed.) Editorial Mc Graw – Hill. <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

Laboratorio Oficial J. M. Madariaga. [LOM] (2015). Guía sobre control geotécnico en minería subterránea. Ministerio de Industria, Energía y Turismo <https://energia.gob.es/mineria/Seguridad/Guias/Gu%C3%ADas/Guia-control-geotecnico-mineria-subterranea.pdf>

Lazo, R. (2020). *Optimización del sistema de sostenimiento de las labores*

- subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos*. [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15944>
- Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia. (2003). *Glosario Técnico Minero* [Archivo PDF].
<https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Modum Consulting. (s.f.). *Nuestra metodología de consultoría*.
<https://modum.com.uy/metodologia/>
- Moya, W. (2013). *Diseño de un sistema neumático para el centro de mantenimiento de mecánica automotriz en la zona de Cota – Cota*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional de Universidad Mayor de San Andrés.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9601/PG-1308-Moya%20Fernandez%2C%20Waldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- New Horus S.A.C. (2022). *New Horus 13 años al servicio de la Minería*.
<https://newhorus.pe/nosotros/>
- Osinermin (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Editorial Inversiones Iakob.
https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf
- Peral, M. (01 de febrero de 2018). La pistola de impacto, una de las herramientas más versátiles del sector. <https://epidor.com/blog/la-pistola-de-impacto-una-de-las-herramientas-mas-versatiles/>

Pistola neumática (s.f.). Mantenimiento de pistola de impacto.

<https://pistolaneumatica.es/mantenimiento-pistola-de-impacto/>

Poderosa S.A. (2021). Estándar Operativo Sostenimiento con perno helicoidal y malla.

Editorial C.M.P.S.A.

Proaño, D., Gisbert, V. y Pérez, E. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. *3C Empresa*, 50–56.

<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.50-56>

Prodac. (2021). *Ficha técnica: Perno helicoidal de sostenimiento* [Archivo PDF].

<https://prodac.bekaert.com/->

[/media/BrandSites/PRODAC/INFRAESTRUCTURA/PDF-PRODUCTOS-INFRAESTRUCTURA/ESPANOL/Perno-](https://prodac.bekaert.com/-/media/BrandSites/PRODAC/INFRAESTRUCTURA/PDF-PRODUCTOS-INFRAESTRUCTURA/ESPANOL/Perno-)

[Helicoidal.pdf?la=en#:~:text=Es%20una%20barra%20de%20acero,forma%20complementaria%20para%20reforzar%20y](https://prodac.bekaert.com/-/media/BrandSites/PRODAC/INFRAESTRUCTURA/PDF-PRODUCTOS-INFRAESTRUCTURA/ESPANOL/Perno-Helicoidal.pdf?la=en#:~:text=Es%20una%20barra%20de%20acero,forma%20complementaria%20para%20reforzar%20y)

Romero, L. (2014). *Estudio de un Sistema de Gestión de Innovación” caso:*

Continental Tire Andina S.A. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].

Repositorio Institucional de Universidad de Cuenca.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19870/1/TESIS.pdf>

Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2004). Manual de Geomecánica

aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea (1 ed.)

Tacuri, A. (2017). Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la mina Hércules – Cía. minera Lincuna S.A. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional de Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2206/1/Tesis%20M789_Tac.pdf

Tiempo Minero J.V. (2020). Sostenimiento en Minería Subterránea: Amplía tu criterio.

Tiempo Minero. <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/sostenimiento-en-mineria-subterranea-amplia-tu-criterio/>

Anexo 1

Evaluación económica del proyecto

EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO PISTOLA NEUMÁTICA FERTON 1200N

Inversión del proyecto (-)	Cantidad	Und	P.U (S/.)	P.U (US\$)	US \$	0	Año
Llave Neumática 3/4" 1200N FERTON	4	pza	590.0	157.3	629.3	629.3	
Lubricadora plástico atlas copco	4	pza	100.0	26.7	106.7	106.7	
Adaptadores reductores 1" a 3/8"	16	pza	80.0	21.3	341.3	341.3	
Abrazaderas 1" a 3/8"	16	pza	65.0	17.3	277.3	277.3	
Manguera presión 1"	12	m	6.1	1.6	19.6	19.6	
Manguera presión 3/4"	8	m	5.2	1.4	11.2	11.2	
Manguera presión 1/2"	4	m	3.1	0.8	3.3	3.3	
Manguera presión 3/8"	4	m	2.6	0.7	2.8	2.8	
Llave de tubo hexagonal 19mm	8	pza	60.0	16.0	128.0	128.0	
Egresos del proyecto (-)	Cantidad	Und	P.U (S/.)	P.U (US\$)	US \$		\$/
Costo de mantenimiento	4	Und	304.4	81.2	324.7		3,896.3
							3,896.3
Ingresos y/o Ahorros del proyecto (+)	Cantidad	Und	P.U (S/.)	P.U (US\$)	US \$		\$/
Instalación de pernos helicoidales y malla	12	meses	1,354.36	361.2	4,334.0		4,334.0
Tareas por campaña de ajuste de tuercas	12	meses	775.58	206.8	2,481.9		2,481.9
							6,815.8

AÑOS	0	1
Flujo Neto	-1,519.5	2,919.5
C.Oportunidad	12.0%	

VAN	\$1,087.2	Años Meses
TIR	92%	
Pack	-	
	6.25	

Anexo 2

Cotización de llaves de impacto y lubricadora



Página: 1

Hora Gen: 11:50:04

Domicilio Fiscal: JR. MARISCAL ANTONIO JOSE DE SUCRE NRO. 672 URB. CHICAGO LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO
 Sucursal: LEONIDAS YEROVY #254 URB. PALERMO- TRUJILLO - LA LIBERTAD
 Ventas 990088693 - 970080981 - 970080953 - E-mail: giorgi107@hotmail.com

COTIZACION N°: 0274053762

Cliente: NEW HORUS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Fecha: 02/02/2023

Dirección: 12 DE OCTUBRE NRO. 351 URB. CONDEVILLA SEÑOR LIMA - SAN MARTIN DE

Atención:

Teléfono:

Cantidad	Unid.	Código	Descripción	Precio	Importe
1.00	NIU	LUBRI-YT29	LUBRICADORA NEUMATICA P/PEFORADORA DE PLASTICO ATLAS COPCO	100.0000	100.00
1.00	NIU	PSN160	PISTOLA NEUMATICA 3/4" 1600N FERTON	600.0000	600.00
1.00	NIU	PSN120	PISTOLA NEUMATICA 3/4" 1200N FERTON	590.0000	590.00
1.00	NIU	97-134LA	PISTOLA NEUMATICA 3/4" 1626 N STANLEY	855.0000	855.00

Válidez Oferta: 10 DIAS

Forma de Pago: CONTADO ADELANTADO

Lugar de Entrega: NUESTRO ALMACEN

Garantía:

Plazo de Entrega: INMEDIATA

Observaciones:

Sub Total	S/	1,817.80
I.G.V: 18%	S/	327.20
Total	S/	2,145.00

Cuenta Cte. Banco Crédito del Perú

Soles/ 570-2363645-0-75

CCI 002-570-002363645075-03

Cuenta Cte. Banco Scotiabank

Soles/ 000-6007490

CCI 009-635-000006007490-43

Atentamente: