

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Mejora al programa de mantenimiento preventivo del
tanque de regadío TA 97 para mejorar su
disponibilidad en la empresa SPCC Cuajone**

Claudio Jose Paitan Soto

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Julio Cesar Alvarez Barreda
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 6 de Abril de 2025

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

Título:

Mejora al programa de mantenimiento preventivo del tanque de regadío TA 97, para mejorar su disponibilidad en la empresa SPCC Cuajone

Autor:

Claudio Jose Paitan Soto – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 11 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 0 palabras SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

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

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original (No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

Mg. Julio Cesar Alvarez Barreda

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a nuestro señor padre Dios, que está siempre en nuestros corazones; por brindarme la oportunidad de cumplir mis metas.

Siempre estaré agradecido a Dios, por mantener a mi familia unida y por darme la fuerza de seguir a delante; ya que, con Cristo, todo se puede; y sin él, nada.

También agradezco a todos los docentes de la Universidad Continental por el tiempo dedicado hacia todos los estudiantes que hemos pasado victorioso por cada ciclo de la carrera.

Agradezco también a mis compañeros de trabajo, quienes me dieron el apoyo en cada ciclo de estudio.

DEDICATORIA

A mis padres, por hacerme perseverante en mis metas, ya que desde pequeño me inculcaron buenos valores; como el respeto, la responsabilidad, la puntualidad y demás valores.

A mi esposa, Carmen Isabel, por estar siempre a mi lado, desde que nos juntamos hemos superado varios obstáculos, y, ojalá, Dios permita que ella siempre esté a mi lado.

A mis hijos, José Gustavo, Fernando Jesús y Dylan Isaac, por ser el motivo para que me supere cada día más.

A mi hermana, Guillermina Teresa, por ser un ejemplo de hija, madre y tía; ya que ella es el orgullo de toda nuestra familia.

A mis tíos, primos y amigos en general; ya que ellos son parte de mi familia.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	1
1.1 Datos generales de la empresa.....	1
1.2 Actividades principales de la empresa.....	2
1.3 Reseña histórica de la empresa.....	5
1.4 Organigrama de la empresa.....	7
1.5 Misión y visión.....	12
1.6 Bases legales o documentos administrativos.....	13
1.7 Descripción del área donde se realiza las actividades profesionales.....	13
1.8 Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa.....	21
CAPÍTULO II.....	23
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	23
2.1 Antecedentes:.....	23
2.2 Diagnostico situacional.....	23
2.3 Identificación de oportunidades o necesidad en el área de actividad profesional.....	26
2.4 Objetivos de la actividad profesional.....	27
2.4.1 Objetivo principal.....	27
2.4.2 Objetivo específico.....	27
2.5 Justificación de la actividad profesional.....	27
2.6 Resultados esperados.....	27
CAPÍTULO III.....	29
MARCO TEÓRICO DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS.....	29
3.1 Gestión del mantenimiento.....	29
3.2 Mantenimiento preventivo.....	30

3.2.1	Plan de mantenimiento inicial	31
3.2.2	Plan de mantenimiento final	32
3.2.3	Frecuencia del mantenimiento del TA 97	33
3.3	Mantenimiento correctivo.....	35
3.4	Mantenimiento predictivo:.....	36
3.5	Horas de fallas por mes.....	36
3.6	Horas operativas por mes.....	37
3.7	MTBF por mes	40
3.8	MTTR por mes.....	40
3.9	Disponibilidad	41
3.9.1	Disponibilidad antes de la mejora.....	41
3.9.2	Disponibilidad después de la mejora.....	42
3.10	Confiabilidad	43
3.10.1	Confiabilidad antes de la mejora	43
3.10.2	Confiabilidad después de la mejora	43
CAPÍTULO IV		45
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES		45
4.1	Descripción de las actividades profesionales	45
4.1.1	Supervisión, control y modificación de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.....	45
4.1.2	Supervisión, control y organización del servicio de campo:	45
4.1.3	Supervisión, control y organización del servicio de mantenimiento diario	46
4.1.4	Supervisión, control y organización del servicio de diagnóstico de fallas	46
4.1.5	Supervisión, control y organización del servicio de intercambio de componentes mayores:.....	47
4.2	Enfoque de las actividades profesionales	47
4.3	Alcance de las actividades profesionales:	48
4.4	Entregables de las actividades profesionales:.....	50
4.5	Aspectos técnicos de la actividad profesional	51
4.5.1	Metodología	51
4.5.2	Técnica	51
4.5.3	Instrumentos.....	52
4.5.4	Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	53
4.6	Ejecución de las actividades profesionales	53
4.6.1	Identificar el problema principal:	54

4.6.2	Recopilación de datos	55
4.6.3	Análisis de los datos:	55
4.6.4	Identificar las causas	56
4.6.5	Proponer soluciones	57
4.6.6	Elegir la solución óptima.....	58
4.6.7	Ejecutar la solución	58
4.6.8	Evaluar los resultados	58
4.6.9	Estandarizar la solución	59
4.7	Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	59
CAPÍTULO V		61
RESULTADOS		61
5.1	Resultados finales de las actividades realizadas.....	61
5.2	Logros alcanzados.....	61
5.3	Dificultades encontradas	63
5.4	Planteamiento de mejoras	63
5.4.1	Metodologías propuestas:	63
5.4.2	Descripción de la implementación.....	64
5.4.3	Análisis	65
5.4.4	Aporte del bachiller en la empresa	65
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES		68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		69
ANEXOS.....		72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Unidades mineras y plantas productoras de SPCC en el Perú	2
Tabla 2.	Proyectos mineros de SPCC en el Perú.	2
Tabla 3.	Equipos en operación de la mina Cuajone	6
Tabla 4.	Datos de las causas de falla, horas de reparación y número de paradas no programadas de cada mes del TA 97 en el año 2024.....	24
Tabla 5.	Datos de las horas de falla, horas operativas, MTBF, MTTR, disponibilidad y confiabilidad por mes del TA 97 en el año 2024.	24
Tabla 6.	Integrantes en la Gestión del mantenimiento.	29
Tabla 7.	Horas planeadas de cambio de componentes inicial del TA 97 al 30/09/2024.	31
Tabla 8.	Horas planeadas de cambio de componentes final del TA 97 al 31/12/2024.	32
Tabla 9.	Mantenimiento preventivo programado de 250 horas.	33
Tabla 10.	Mantenimiento preventivo programado de 500 horas.	34
Tabla 11.	Mantenimiento preventivo programado de 1000 horas.	34
Tabla 12.	Mantenimiento preventivo programado de 2000 horas.	35
Tabla 13.	Mantenimiento preventivo programado de 4000 horas.	35
Tabla 14.	Horas programadas con mes de 31 días.	38
Tabla 15.	Horas programadas con mes de 30 días.	38
Tabla 16.	Horas programadas con mes de 28 días.	39
Tabla 17.	Actividades ejecutadas durante el año 2024.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Vista del campamento minero Toquepala.....	5
Figura 2.	Vista del tajo minero Cuajone.....	6
Figura 3.	Vista de la Fundición y Refinería de Ilo en el departamento de Moquegua	7
Figura 4.	Organigrama.	8
Figura 5.	Organigrama de la gerencia de mantenimiento mina.....	8
Figura 6.	Ciclo de trabajo del 02 de enero al 19 de febrero del 2025.....	14
Figura 7.	Cargador eléctrico Komatsu 2350.....	15
Figura 8.	Cargador eléctrico Komatsu 1850.....	16
Figura 9.	Camión minero eléctrico Komatsu 980	16
Figura 10.	Camión minero eléctrico Komatsu 930.	17
Figura 11.	Camión minero marca CAT modelo 793D.	17
Figura 12.	Tanque de regadío marca CAT y modelo 785C.....	18
Figura 13.	Camión de remolque marca CAT y modelo 793C.....	19
Figura 14.	Vista satelital del área de mantenimiento mina Cuajone.	19
Figura 15.	Tiempo de reparación en horas vs causas de paradas no programadas.....	25
Figura 16.	Diagrama del árbol del TA 97.....	26
Figura 17.	Diagrama de Ishikawa.....	54
Figura 18.	Disponibilidad de Enero a Setiembre del TA 97	55
Figura 19.	Estado de los cables en mal estado del TA 97.	57
Figura 20.	Disponibilidad del TA 97 durante el año 2024.	59
Figura 21.	Disponibilidad final del TA 97 año 2024.....	61
Figura 22.	Paradas no programadas antes de la mejora al TA 97 año 2024.....	62
Figura 23.	Paradas no programadas después de realizar la mejora al TA año 2024	62
Figura 24.	Ciclo de Deming usado en la realización del proyecto	64

RESUMEN EJECUTIVO

Como objetivo principal de este proyecto, se planteó la mejora del programa del plan de mantenimiento preventivo que se tiene en el tanque de regadío TA 97, para aumentar su disponibilidad inherente. Este tanque de regadío es un camión minero de la marca Caterpillar transformado en tanque de regadío, para lo cual la empresa compra solamente el camión minero sin su tolva de carga. El trabajo se desarrolla en Cuajone, donde se hace la transformación de estos tanques de regadío. De toda la flota de camiones mineros, los tanques son los encargados de control y disminuir la generación del polvo en la mina. Actualmente, la empresa cuenta con cuatro tanques de regadío, como son el TA 97, TA 98, TA 99 y TA 90; todos ellos son de la marca Caterpillar modelo 785 C y 785 D. Como objetivo específico de este proyecto es determinar la influencia de incorporar el sistema eléctrico del motor, transmisión, freno y del VIMS, en la disponibilidad del equipo TA 97. Para la realización del proyecto se realizaron 10 etapas donde en colaboración con los miembros del taller de volquetes y las demás áreas involucradas en esta gestión de mantenimiento. La actividad fue desarrollada durante el año 2024, en el taller de mantenimiento de la flota de camiones mineros de la empresa SPCC Cuajone. Dichas actividades son: identificar el problema principal, recopilación de datos, análisis de los datos, hallar las causas, identificar las consecuencias, proponer soluciones, elegir la solución óptima, ejecutar la solución, evaluar los resultados y, finalmente, estandarizar la solución. Todos los datos fueron recopilados directamente de los programas que tiene la empresa, como son el HxGN Mine Operate OP Pro y el programa SAP; también se recopiló los datos de los libros en físico que se tiene de cada equipo en el archivero de la supervisión del taller. Una vez realizado el proyecto de la mejora continua del plan de mantenimiento en el tanque de regadío TA 97, se llegó a aumentar su disponibilidad de 89% a una disponibilidad de 97% en los meses octubre, noviembre y diciembre del año 2024.

Palabras clave: Cuajone, mina, mantenimiento, camiones.

INTRODUCCIÓN

Cuajone pertenece a la gran minería; tiene en sus operaciones gran variedad de equipos y máquinas que operan las 24 horas del día todos los meses del año; por ello, es inevitable que estos equipos produzcan o generen polvo en grandes cantidades, ayudado también el clima que hay en las alturas de Moquegua.

La empresa minera apuesta por controlar esta contaminación ambiental del polvo, con el apoyo de los tanques de regadío, cuya capacidad es de 30000 galones.

El tanque TA 97, en el transcurso del año 2024, no cumplía los objetivos de controlar y minimizar el polvo, es por ese motivo que se realiza el siguiente proyecto de realizar una mejora continua.

A continuación, se detallan los capítulos realizados en esta investigación:

Capítulo I, se describe los aspectos generales de la empresa, como son los datos generales, las actividades principales, la reseña histórica, el organigrama, la misión y visión, sus bases legales, la descripción del área del bachiller y finalmente las responsabilidades del bachiller.

Capitulo II, se describe los aspectos generales de las actividades profesionales, como son los antecedentes, el diagnóstico situacional, la identificación de oportunidades, los objetivos de la actividad, la justificación de la actividad y, finalmente, los resultados esperados.

Capitulo III, se describe el marco teórico de las actividades realizadas, como son la gestión del mantenimiento, el mantenimiento preventivo, correctivo, y predictivo; también la disponibilidad inherente, operativa, mecánica y la utilización; concluyendo con el PCR de los equipos.

Capitulo IV, se describe las actividades realizadas por el bachiller, como son la supervisión, control y modificación de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, del servicio de mantenimiento diario, del diagnóstico de fallas y del intercambio de componentes mayores.

Capitulo V, se describe los resultados finales, los logros alcanzados, las dificultades encontradas y el planteamiento de mejoras.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Datos generales de la empresa

- RUC: 20100147514
- Razón social: SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, SUCURSAL DEL PERÚ
- Página web: <http://www.southernperu.com>
- Nombre comercial: Southern Perú
- Razón social anterior: Southern Perú Copper Corporation
- Tipo empresa: sucursales o agencias de empresa extranjera
- Condición: activo
- Fecha inicio actividades: 01 / Enero / 1960
- Actividad comercial: Ext. de min metalíferos no ferrosos.
- CIU: 13200
- Nro. de trabajadores: 4987
- Tipo de facturación: mecanizado
- Tipo de contabilidad: computarizado
- Registra actividades de comercio exterior como: exportador
- Dirección legal: Av. Caminos del Inca Nro. 171
- Urbanización: chacarilla del estanque
- Distrito / ciudad: Santiago de Surco
- Departamento: Lima, Perú
- Estado domicilio: habido

Actualmente SPCC tiene operaciones en Perú:

Tabla 1. Unidades mineras y plantas productoras de SPCC en el Perú

	Área	Departamento	Provincia	Distrito
1)	Unidad Minera SPCC- Cuajone	Moquegua	Mariscal Nieto	Torata
2)	Unidad Minera SPCC- Toquepala	Tacna	Jorge Basadre	Ilabaya
3)	Una planta de fundición	Moquegua	Ilo	Pacocha
4)	Dos plantas concentradoras	Tacna	Jorge Basadre	Ilabaya
5)	Una planta concentradora Una planta de ESDE	Moquegua	Mariscal Nieto	Torata
6)	(Extracción por Solventes y Depositación Electrolítica)	Tacna	Jorge Basadre	Ilabaya
7)	Dos plantas de Ácido Sulfúrico	Moquegua	Ilo	Pacocha
8)	Una planta refinadora de metales preciosos	Moquegua	Ilo	Pacocha

Nota: Esta tabla fue adaptada de Southern Copper Corporation. (2025, 12 febrero). Home.

También SPCC tiene proyectos en Perú:

Tabla 2. Proyectos mineros de SPCC en el Perú.

	Proyecto	Departamento	Provincia	Distrito
1)	Proyecto Tía María	Arequipa	Islay	Cocachacra
2)	Proyecto Michiquillay	Cajamarca	Cajamarca	La Encañada
3)	Proyecto los Chancas	Apurímac	Aymaraes	Tapairihua y Pocohuanca

Nota: Esta tabla fue adaptada de Southern Copper Corporation. (2025, 12 febrero). Home.

Actualmente hay problemas sociales para la ejecución del proyecto Tía María, ya que la población del valle de Tambo, en el distrito de Cocachacra, rechaza dicho proyecto.

En el mensaje del 28 de julio del 2024; la presidenta del Perú, Dina Boluarte respaldó la ejecución del proyecto Tía María. Con el respaldo del ejecutivo, la empresa SPCC asegura que en el año 2025 se realizará la ejecución del proyecto.

1.2 Actividades principales de la empresa

SPCC es una de las principales productoras de cobre que hay en el país, esta empresa cuenta con tres unidades productivas:

- La mina Toquepala, fue inaugurada por el presidente Manuel Prado en el año de 1960, ubicada a unos 3400 m.s.n.m., en la región de Tacna.
- La mina Cuajone, fue inaugurada por el presidente Francisco Morales Bermudes en el año de 1976, ubicada a unos 3500 m.s.n.m., en la región de Moquegua.
- La fundición y refinería de ilo, fue adquirida del estado peruano en el año de 1994, ubicada en la ciudad de Ilo.

Las tres unidades operativas de la empresa SPCC, están en producción durante todo el año, las 24 horas de día y actualmente se encuentra entre las 10 principales empresas mineras del Perú.

SPCC, para realizar el proceso productivo del cobre y lograr exportar el cobre al mercado internacional de pureza 99.99%, realiza las siguientes actividades:

Extracción

Tanto en Cuajone como en Toquepala cuentan con flota de palas eléctricas, flota de perforadoras, cargadores grandes Letourneau, camiones mineros de acarreo, tractores de cadena y rueda, cargadores medianos, motoniveladoras y excavadoras, quienes aportan en la extracción del cobre.

Todo empieza a través de la voladura de rocas, la cual empieza con la perforación de los bancos, donde se ingresa explosivos y posteriormente se realiza la voladura. Después las palas eléctricas, empiezan a cargar el material y lo depositan en los camiones de acarreo.

Finalmente, los camiones depositan este material en la chancadora primaria, el cual es transportado por medio de fajas hacia los molinos grandes.

Chancado

En ambas minas el área de chancado cuenta con fajas transportadoras, chancadoras, molinos grandes y una flota auxiliar que apoya en el proceso del chancado.

Todo empieza cuando ingresa el material a la chancadora primaria, donde el material es reducido a un tamaño estándar, luego es llevado por medio de fajas transportadoras hacia las demás chancadoras y molinos grandes, en donde son seleccionadas de acuerdo a su ley.

Es así que las tienen mayor ley con llevadas a las plantas de concentración y las de menor ley son llevadas a las plantas de lixiviación.

Concentración

Todas las plantas de concentradora cuentan con chancadoras y molinos grandes donde, el mineral es triturado y pulverizado, cabe resaltar que este mineral es de alta ley, donde el cobre es recuperado por un sistema llamado flotación, el resultado de este proceso se llama concentrado.

Este concentrado tiene el 27% de pureza de cobre, finalmente este producto, tanto de Toquepala como de Cuajone es llevado a través de vagones de tren a la Fundición de Ilo.

Lixiviación

En las plantas de lixiviación, tanto de Toquepala como de Cuajone, se cuentan con unas chancadoras, molinos, camiones de acarreo y áreas de lixiviación.

Todo empieza cuando el mineral es triturado hasta obtener un tamaño estándar, luego es transportado hacia las áreas de lixiviación, las cuales poseen como superficies de geomembrana de polietileno de alta densidad; después, son regadas con una solución que permite el desprendimiento del cobre de las rocas, luego pasa por un proceso llamado extracción por solventes y finalmente esta solución es enviada a una planta electrolítica, donde es capturada en planchas de acero inoxidable; obteniendo como resultado cátodos de 99.99% de cobre.

Fundición

Esta área cuenta con hornos de gran tamaño, equipos auxiliares que apoyan en el traslado del producto y equipos de izaje de alta tecnología. Todo empieza cuando el mineral es traído de Toquepala y Cuajone desde las plantas de concentradora a través de vagones de tren hacia la Fundición de Ilo.

Este concentrado es analizado para ver su composición y humedad, para luego ser mezclado con fundentes y ser procesado a más de 1000 °C. Luego de varias etapas se obtiene un cobre anódico de 99.7% de pureza de cobre.

Durante el proceso de fundición, se generan gases de azufre; por ese motivo es que la empresa SPCC diseñó un sistema de alta tecnología que captura estos gases, llegando a capturar un 95% de estos gases y luego de varios procesos se obtiene como producto final el ácido sulfúrico. El referido ácido es utilizado en los procesos de lixiviación tanto en Toquepala como en Cuajone, y el restante es vendido a otras empresas mineras nacionales y/o internacionales.

Refinación

El área de refinación cuenta con equipo auxiliar y equipos de izaje que apoyan en el proceso de refinación del cobre. Está ubicada a 5 km del área de fundición donde llegan los ánodos de cobre de 99.7% de pureza, a través de vagones de tren. Luego es descargado y llevado a la planta electrolítica donde se obtiene como producto final los cátodos de cobre al 99.99% de pureza.

1.3 Reseña histórica de la empresa

La mina Cuajone empezó sus operaciones hace 58 años, pertenece al Grupo México, quien tiene como antecesora a American Mining and Smelting Company (ASARCO), hoy subsidiaria del Grupo México

En 1952 ASARCO constituye en la ciudad de Delaware, Estados Unidos a la empresa Southern Perú Copper Corporation (SPCC).

SPCC es una de las principales productoras de cobre que hay en el país, esta compañía cuenta con tres unidades productivas:

- a) La mina Toquepala, fue inaugurada por el presidente Manuel Prado en el año de 1960, ubicada a unos 3400 m.s.n.m., en la región de Tacna.



Figura 1. *Vista del campamento minero Toquepala. Tomada de Revista Pro Activo. 2021, 13 mayo.*

- b) La mina Cuajone fue inaugurada por el presidente Francisco Morales Bermúdez en el año de 1976, ubicada a unos 3500 m.s.n.m., en la región de Moquegua. El campamento

de Cuajone se divide en Villa Cuajone, lugar donde se encuentran los funcionarios y Villa Botiflaca, lugar donde se encuentran los empleados y obreros. En la mina se encuentran dos áreas: Operaciones mina y Concentradora/lixiviaci3n.



Figura 2. Vista del tajo minero Cuajone. Tomada de Revista Minería & Energía, 2022, 16 marzo.

La Unidad Minera Cuajone cuenta con:

Tabla 3. Equipos en operaci3n de la mina Cuajone

Equipo	Marca	Cantidad
Palas el3ctricas	Komatsu (P&h)	3
Palas el3ctricas	Bucyrus (CAT)	3
Perforadoras el3ctricas	Komatsu (P&h)	3
Perforadoras el3ctricas	Bucyrus (CAT)	4
Cargadores grandes	Letourneau	2
Camiones de acarreo	Caterpillar	18
Camiones de acarreo	Komatsu	26
Camiones de remolque	Caterpillar	2
Tanques de agua	Caterpillar	4
Cargadores frontales	Komatsu	3
Cargadores frontales	Caterpillar	8
Tractores de cadena	Komatsu	1
Tractores de cadena	Caterpillar	10
Tractores de rueda	Caterpillar	5
Excavadoras	Caterpillar	4
Motoniveladoras	Caterpillar	5

101

Nota: Esta tabla fue tomada de los datos del programa HxGN Mine Operate OP Pro.

Tanto los equipos Komatsu como Caterpillar tienen en Cuajone un soporte técnico que ayudan al área de mantenimiento, a mejorar la disponibilidad de sus marcas.

- c) La fundición y refinería de Ilo, fue adquirida del estado peruano en el año de 1994, ubicada en la ciudad de Ilo.

Como se explicó anteriormente, es en esta unidad productiva donde sale el cobre al 99.99% para su exportación.



Figura 3. Vista de la Fundición y Refinería de Ilo en el departamento de Moquegua. Tomada de Prensa Grupo Transporte Sostenible. 2024, 27 marzo.

1.4 Organigrama de la empresa

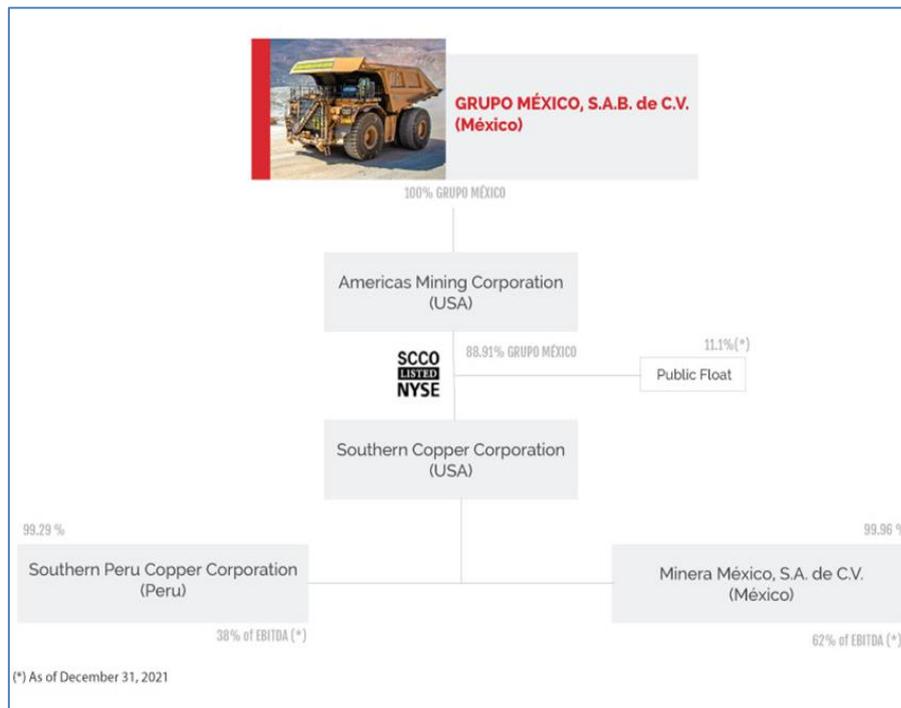


Figura 4. Organigrama. Tomada de Southern Copper Corporation. (2025, 12 febrero).

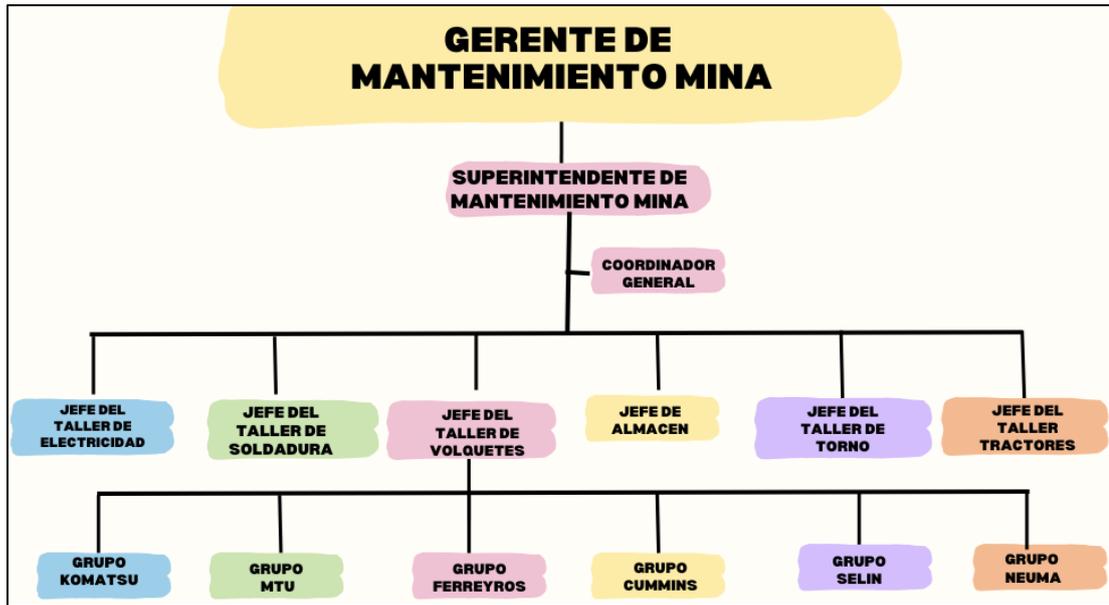


Figura 5. Organigrama de la gerencia de mantenimiento mina que hay en Cuajone. Adaptada con los datos internos de la empresa. 2024, 31 diciembre.

A continuación, se describe el organigrama del área de mantenimiento mina en la Unidad Operativa de Cuajone:

a) Gerente de mantenimiento mina:

- Se encarga de controlar y supervisar los gastos y costos que se tienen en el área de mantenimiento mina.
- Supervisa la productividad de todas las áreas involucradas en el mantenimiento.
- Reporta al director general las mejoras que hay en la reducción de los costos operativos.
- Hace seguimiento de los KPIs de toda la flota de mantenimiento.
- Supervisa las funciones del superintendente.
- Analiza los reportes que entrega el superintendente.
- Coordinar los trabajos grandes con el director de la unidad operativa Cuajone.
- Coordinar con las gerencias involucradas, en buscar mejoras en la gestión de mantenimiento.

b) Superintendente de mantenimiento mina:

- Tiene la designación en la empresa como M1

- Coordinar los trabajos pendientes con el superintendente de operaciones mina.
- Implementar mejoras en el área de mantenimiento mina.
- Supervisar, controlar y modificar el plan de mantenimiento diario, mensual y anual.
- Coordinar con las jefaturas de mantenimiento la ejecución del plan de mantenimiento diario.
- Coordinar los trabajos de garantía con las empresas contratistas.
- Monitorea los KPIs de toda la flota de mantenimiento.
- Supervisa las funciones de los jefes de mantenimiento.
- Analiza los reportes que entrega el coordinador general de mantenimiento.

c) Coordinador general:

- Tiene la designación en la empresa como M10.
- Coordina el plan de mantenimiento diario de toda la flota, con todas las áreas de mantenimiento.
- Coordina el plan de mantenimiento semanal de toda la flota, con todas las áreas de mantenimiento.
- Coordina el plan de mantenimiento anual de toda la flota, con todas las áreas de mantenimiento.
- Coordina con las empresas contratistas la ejecución de trabajos programados y no programados a realizarse en la flota de mantenimiento.
- Monitorea y analiza los KPIs de toda la flota de mantenimiento.
- Coordina con operaciones mina la entrega de los equipos que necesitan realizar trabajos programados y no programados, para realizar servicios de reparación o mantenimiento preventivo.
- En turno de noche asume la responsabilidad que realiza el superintendente de mantenimiento.

d) Jefe del taller de electricidad:

- Tiene la designación en la empresa como L4.
- Coordinar con el superintendente los trabajos a realizar según el plan de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual.
- Coordinar con las jefaturas asociadas en el cumplimiento del plan de mantenimiento diario, ya que este plan va cambiando de acuerdo a las circunstancias operativas.

- Coordinar con los supervisores los trabajos programados y no programados que se presentan durante el día.
- Supervisar las funciones de los supervisores y de los grupos de trabajo que existen en el área.
- Gestionar anualmente las capacitaciones técnicas que necesitan los trabajadores.
- Inspeccionar constantemente la infraestructura del área del taller de electricidad.
- Buscar soluciones eficaces cuando se encuentran problemas estructurales del área.
- Monitorear los KPIs de la flota de mantenimiento, especialmente de los equipos eléctricos, como son: las palas eléctricas, las perforadoras, los camiones eléctricos y cargadores Letourneau.

e) Jefe del taller de soldadura:

- Tiene la designación en la empresa como M4
- Coordinar con el superintendente los trabajos a realizar según el plan de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual.
- Coordinar con las jefaturas asociadas en el cumplimiento del plan de mantenimiento diario, ya que este plan va cambiando de acuerdo a las circunstancias operativas.
- Coordinar con los supervisores los trabajos programados y no programados que se presentan durante el día.
- Supervisar las funciones de los supervisores y de los grupos de trabajo que existen en el área.
- Gestionar anualmente las capacitaciones técnicas que necesitan los trabajadores.
- Inspeccionar constantemente la infraestructura del área del taller de soldadura.
- Buscar soluciones eficaces cuando se encuentran problemas estructurales del área.
- Coordinar con la jefatura de almacén el abastecimiento de suministros para el taller, por ejemplo: las planchas de fierro que se utilizan en las reparaciones de las tolvas, los electrodos utilizados en trabajos de taller y campo, los gases industriales que es necesario taller y campo, y demás insumos.

f) Jefe del taller de volquetes:

- Tiene la designación en la empresa como M5
- Coordinar con el superintendente los trabajos a realizar según el plan de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual.
- Coordinar con las jefaturas asociadas en el cumplimiento del plan de mantenimiento diario, ya que este plan va cambiando de acuerdo a las circunstancias operativas.

- Coordinar con los supervisores los trabajos programados y no programados que se presentan durante el día.
- Supervisar las funciones de los supervisores y de los grupos de trabajo que existen en el área.
- Gestionar anualmente las capacitaciones técnicas que necesitan los trabajadores.
- Inspeccionar constantemente la infraestructura del área del taller de volquetes.
- Buscar soluciones eficaces cuando se encuentran problemas estructurales del área.
- Monitorear los KPIs de la flota de mantenimiento, especialmente de los camiones Komatsu, camiones Caterpillar y cargadores Letourneau.
- Realizar reportes diarios a la superintendencia, del estado de los equipos; donde se refleja los trabajos programados, no programados y trabajos pendientes a realizar.

g) Jefe de almacén y logística:

- Coordinar con el superintendente los pedidos de insumos a realizar según el plan de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual.
- Coordinar y comunicar a las jefaturas de mantenimiento, el estado del pedido de insumos necesarios para cada área.
- Coordinar con las empresas contratistas el abastecimiento de los insumos que necesita la empresa.
- Supervisar las funciones de los supervisores y de los grupos de trabajo que existen en el área.
- Gestionar anualmente las capacitaciones técnicas que necesitan los trabajadores, como el manejo de SAP, el manejo de montacargas y demás herramientas.
- Inspeccionar constantemente la infraestructura del área del taller de volquetes.
- Buscar soluciones eficaces cuando se encuentran problemas estructurales del área.
- Reportar los gastos y costos que se realizan diariamente a la superintendencia de mantenimiento.

h) Jefe del taller de tornos:

- Coordinar con el superintendente los trabajos a realizar según el plan de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual.
- Coordinar con las jefaturas asociadas en el cumplimiento del plan de mantenimiento diario, ya que este plan va cambiando de acuerdo a las circunstancias operativas.
- Coordinar con los supervisores los trabajos programados y no programados que se presentan durante el día.

- Supervisar las funciones de los supervisores y de los grupos de trabajo que existen en el área.
- Gestionar anualmente las capacitaciones técnicas que necesitan los trabajadores.
- Inspeccionar constantemente la infraestructura del área del taller de tornos.
- Buscar soluciones eficaces cuando se encuentran problemas estructurales del área.

i) Jefe del taller de tractores:

- Tiene la designación en la empresa como M6.
- Coordinar con el superintendente los trabajos a realizar según el plan de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual.
- Coordinar con las jefaturas asociadas en el cumplimiento del plan de mantenimiento diario, ya que este plan va cambiando de acuerdo a las circunstancias operativas.
- Coordinar con los supervisores los trabajos programados y no programados que se presentan durante el día.
- Supervisar las funciones de los supervisores y de los grupos de trabajo que existen en el área.
- Gestionar anualmente las capacitaciones técnicas que necesitan los trabajadores.
- Inspeccionar constantemente la infraestructura del área del taller de tractores.
- Buscar soluciones eficaces cuando se encuentran problemas estructurales del área.
- Monitorear los KPIs de la flota auxiliar de mantenimiento, como son: los tractores de cadena, los tractores de rueda, los cargadores pequeños y medianos, las motoniveladoras y las excavadoras.
- Realizar reportes diarios a la superintendencia, del estado de los equipos; donde se refleja los trabajos programados, no programados y trabajos pendientes a realizar.

1.5 Misión y visión

Misión:

Satisfacer las necesidades de los mercados en que participamos, a través de proyectos de gran envergadura y de largo plazo, siempre a la vanguardia en tecnología y manteniendo un compromiso permanente con nuestra gente, el medio ambiente, nuestros valores y nuestra responsabilidad social, maximizando la creación de valor para los accionistas.

Visión:

Ser el líder mundial en eficiencia y rentabilidad en los negocios en que participamos, con una orientación hacia la gente y su desarrollo integral, garantizando la sustentabilidad de nuestras operaciones.

1.6 Bases legales o documentos administrativos

- La empresa SPCC está inscrita en la Partida Electrónica N° 03025091, del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima y Callao.
- D.S. N° 014-92-EM Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería.
- D.S. N° 018-92-EM Reglamento de Procedimientos Mineros.
- D.S. N° 078-2009-EM Regulación minera ambiental a los depósitos de almacenamiento de concentrados de minerales.
- D.S. N° 005-2012 TR- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ley N° 29783- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ISO 14001:2015 – Embarque y despacho terrestre de cobre y subproductos para exportación o venta local.
- ISO 45001:2018 – Embarque y despacho terrestre de cobre y subproductos para exportación o venta local.
- ISO 9001:2015 – Embarque y despacho de cobre, subproductos y ácido sulfúrico, embarque y descarga concentrado de cobre; despacho terrestre de cobre, subproductos y ácido sulfúrico; descarga de mercancías y servicios portuarios, descarga de hidrocarburos.

1.7 Descripción del área donde se realiza las actividades profesionales

La principal función del Área del Taller de Volquetes es brindar un mantenimiento integrado a toda la flota que está a su cargo. Para ello el taller cuenta con:

- Siete bahías cerca a las oficinas de supervisión y jefatura, las cuales cuentan con puentes grúa cuya capacidad son de 5Tn,20Tn,50Tn y 60Tn.
- Tres camionetas 4x4, las cuales están distribuidas al jefe del taller, al supervisor y al servicio de campo.
- Dos camiones grúa, montacargas de 800 kg, 10 toneladas y 25 toneladas.

Con respecto al horario de trabajo, el área de volquetes tiene un horario atípico, donde:

- El ciclo de trabajo empieza los jueves; 5 días de turno día y 3 días libres, luego 5 días de turno noche y 3 días libres, luego 5 días de turno día y 3 días libres, luego 5 días de turno noche y 4 días libres, luego 4 días de turno día y 4 días libre, y, finalmente, 4 días de turno noche y 4 días libres. Cabe resaltar que cada ciclo de trabajo se repite durante todo el año y las tres guardias restantes empiezan su ciclo en diferentes días.

A continuación, se presenta en la siguiente figura el primer ciclo de trabajado del año 2025.

Ciclo de trabajo del 02 de enero al 19 de febrero del 2025						
Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
30 Libre	31 Libre	1 Libre	2 Día	3 Día	4 Día	5 Día
6 Día	7 Libre	8 Libre	9 Libre	10 Noche	11 Noche	12 Noche
13 Noche	14 Noche	15 Libre	16 Libre	17 Libre	18 Día	19 Día
20 Día	21 Día	22 Día	23 Libre	24 Libre	25 Libre	26 Noche
27 Noche	28 Noche	29 Noche	30 Noche	31 Libre	1 Libre	2 Libre
3 Libre	4 Día	5 Día	6 Día	7 Día	8 Libre	9 Libre
10 Libre	11 Libre	12 Noche	13 Noche	14 Noche	15 Noche	16 Libre
17 Libre	18 Libre	19 Libre				

Figura 6. *Ciclo de trabajo del 02 de enero al 19 de febrero del 2025. Tomada del área de personal de la empresa. 2025,3 marzo.*

- Cabe señalar que cada turno es de 12 horas y cada semana trabajada se intercala de horario; es decir una semana se trabaja de día y la otra siguiente se trabaja de noche.
- El personal que trabaja en el taller de volquetes se encuentra distribuido en 4 guardias fijas de 9 personas y 3 guardias de 4 personas. Donde siempre en un turno diario, tanto de día como de noche hay 13 personas entre supervisor y obreros.

Con respecto de la flota a su cargo, el Taller de Volquetes cuenta con los siguientes equipos y se mostrará en orden de prioridad:

a) Cargadores grandes Komatsu (Letourneau):

Estos cargadores son la principal prioridad en la atención de los mantenimientos, ya que son los encargados de reemplazar a las palas eléctricas y generalmente trabajan cargando a los volquetes Komatsu 930. Actualmente tiene dos cargadores, un modelo 2350 de primera generación, cuya capacidad de carga en su cucharón es de 70 toneladas y el otro es un modelo 1850 de tercera generación, cuya capacidad de carga en su cucharón es de 50 toneladas.



Figura 7. *Cargador eléctrico Komatsu 2350. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*



Figura 8. *Cargador eléctrico Komatsu 1850. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*

b) Camiones Komatsu modelo 980:

Estos camiones eléctricos son los más grandes del mundo y tienen una capacidad de 400 toneladas; sin embargo, por las pendientes pronunciadas que hay en la mina, es que están cargando 360 toneladas. La empresa cuenta actualmente con 9 camiones, designados como: V160, V161, V162, V163, V164, V165, V166, V167 y V168.



Figura 9. *Camión minero eléctrico Komatsu 980. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*

c) Camiones Komatsu modelo 930:

También estos camiones son eléctricos y tienen una capacidad de 320 toneladas; sin embargo, por las pendientes pronunciadas que hay en la mina, es que están cargando 300 toneladas. La empresa cuenta actualmente con 17 camiones, designados como: V100, V101, V102, V103, V104, V105, V106, V107, V108, V109, V110, V111, V112, V113, V114, V115 y V116.



Figura 10. *Camión minero eléctrico Komatsu 930. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*

d) Camiones Caterpillar modelo793D:

Estos camiones son con tecnología mecánica en su mayoría y tienen una capacidad de 232 toneladas; sin embargo, por las pendientes pronunciadas que hay en la mina, es que están cargando 220 toneladas. La empresa cuenta actualmente con dos camiones, designados como: V120 y V121.



Figura 11. *Camión minero marca CAT modelo 793D. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*

e) Tanques de agua modelo 785:

Estos tanques son de tecnología de mecánica en su mayoría y son de la marca Caterpillar, cuya modelo varia de 785C y 785D.

En Cuajone se usa los tanques klenz de 30000 galones de capacidad y se instala en los camiones 785C y 785D; cabe resaltar que estos camiones vienen sin su tolva. Actualmente la empresa tiene cuatro tanques de regadío, designados como: TA97, TA98, TA99 y TA90. Estos equipos son el material de estudio para este proyecto de suficiencia profesional, ya que, buscando la mejora continua, se desea incrementar su disponibilidad.

A continuación, se muestra en la siguiente figura un tanque de regadío modelo 785C que hay en la mina.



Figura 12. *Tanque de regadío marca CAT y modelo 785C. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*

f) Camiones de remolque modelo 793C:

Cabe resaltar que estos equipos son los más antiguos de la flota con 15 años de antigüedad, ya que anteriormente trabajaban como camiones de acarreo. Son de tecnología de mecánica en su mayoría y son de la marca Caterpillar, cuya modelo es el 793C. En Cuajone se usa la plataforma de remolque Komatsu y se instala en los camiones 793C sin la tolva de carga. Actualmente, la empresa tiene dos camiones de remolque, designados como: Ganzo 80 y Ganzo 82.

A continuación, en la siguiente figura se muestra el equipo con su respectiva plataforma de remolque.



Figura 13. *Camión de remolque marca CAT y modelo 793C. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 28 diciembre.*

Con respecto a las áreas que están relacionadas directamente en el proceso del mantenimiento, tenemos las siguientes:



Figura 14. *Vista satelital del área de mantenimiento mina Cuajone. Tomada de Google Maps. 2024, 28 diciembre.*

A continuación, se describe las funciones principales de las áreas mencionadas y grupos de apoyo:

a) *Área de Electricidad:*

Esta área tiene a su cargo la flota de palas eléctricas tanto Komatsu como Caterpillar, la flota de perforadoras tanto Komatsu como Caterpillar y la flota de camiones exclusivamente la marca

Komatsu. Se divide en dos grupos, uno de servicio de campo y otro en servicio de mantenimiento. El motivo que tienen a su cargo toda esta flota se debe a que estos equipos son eléctricos y, por tal motivo, hay componentes eléctricos que necesitan el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, tanto en campo como en el taller eléctrico.

b) Área de Soldadura:

Esta área tiene a su cargo la reparación y mantenimiento de las estructuras de toda la flota que existe en operaciones mina como, por ejemplo: la reparación de los cucharones de las palas, la reparación de las tolvas de todos los volquetes de acarreo, reparación del chasis de las palas, perforadoras, cargadores grandes, volquetes, tractores de cadena, tractores de rueda, motoniveladoras y excavadoras; además, realizar trabajos especiales tanto en taller como en campo.

c) Área de Motores:

Esta área tiene a su cargo la reparación de todos los componentes internos principales que hay en el área de operaciones mina; es decir repara los motores, transmisiones, diferenciales, mandos finales, cilindros hidráulicos, y algunas válvulas hidráulicas. Dichos componentes reparados, solamente los que pertenecen al taller de volquetes, son enviados al área de almacén y logística; y es esta área quienes nos entregan estos componentes para su instalación, previa planificación con el área de volquetes.

d) Área de Almacén y Logística:

Esta área se encarga de proporcionarnos todos los repuestos y herramientas que necesitamos para realizar todos los servicios dentro del taller de volquetes. También nos apoyan en proporcionarnos el programa de mantenimiento semanal tanto de los camiones mineros como de los cargadores eléctricos que se atiende dentro del taller de volquetes.

e) Área de Torno:

Esta área nos apoya en fabricar algunos componentes importantes dentro de los camiones mineros como de los cargadores eléctricos como, por ejemplo: rectificar alojamientos de pines, fabricar bocinas, pines y de más componentes.

f) Grupo MTU:

Este grupo es una contratista que apoyan en los motores MTU instalados en algunos camiones mineros y en todos los cargadores eléctricos. Dicho apoyo consiste en brindar información, realizar algunos trabajos específicos en dichos motores y en capacitar al personal del taller de volquetes.

g) Grupo Komatsu:

Este grupo también es una contratista que nos apoyan en evaluar y realizar trabajos en el sistema eléctrico e hidráulico de los camiones Komatsu, tanto los 930 como los 980; brinda apoyo en la evaluación de los cargadores grandes Komatsu. También brinda información y capacitación de las últimas actualizaciones que hay en los camiones.

h) Grupo Cummins:

También es una contratista que nos apoyan en los motores Cummins instalados en algunos camiones mineros. Dicho apoyo consiste en brindar información, realizar algunos trabajos específicos en dichos motores y en capacitar al personal del taller de volquetes.

i) Grupo Selin:

Esta contratista se encarga de dar mantenimiento a todas las cabinas de todos los equipos pesados y auxiliares, que existen en la mina Cuajone. Se encargan de dar mantenimiento a la calefacción, al aire acondicionado, al estado de los asientos, a la hermeticidad de las cabinas y finalmente mantener la estructura exterior e interior de las cabinas.

j) Grupo Neuma:

Este grupo de trabajo se encarga de mantener los neumáticos de toda la flota de operaciones, en un estado óptimo de trabajo. Hacen trabajos de rotación de llantas, reparación de cortes de llantas, cambio de llantas nuevas, retiro de piedras en llantas en campo, retiro de llantas cuando se necesitan realizar reparaciones o dar mantenimiento a los mandos finales, motores de tracción o ruedas de dirección.

1.8 Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

El bachiller está a cargo de la supervisión de guardia del taller de volquetes y tiene las siguientes responsabilidades:

- Líder de grupo del servicio de campo:

Este servicio se encarga de evaluar todas fallas presentadas en la flota de camiones mineros, y en los cargadores grandes. Donde se solucionan las fallas de menor tiempo de reparación en campo y las fallas que demandan mayor tiempo, se envían al taller de mantenimiento.

- Líder de grupo del servicio de mantenimiento:

Este servicio se encarga de realizar todos los mantenimientos programados por horas de funcionamiento de los camiones y cargadores grandes. Cada semana se programan varios equipos en toda el área de mantenimiento, no sólo el área de volquetes, sino también de la flota auxiliar, las perforadoras y las palas eléctricas.

- Líder de grupo de servicio de diagnóstico de fallas:

Este servicio se encarga de solucionar las fallas de los camiones que se envían del servicio de campo, ya que necesitan los equipos que hay en el taller. También se encargan de mejorar las herramientas y equipo necesarios para realizar trabajos adicionales en el taller.

- Líder de grupo de servicio de intercambio de componentes mayores:

En este servicio se encargan de cambiar los componentes grandes como son: los motores diésel, los radiadores, las suspensiones, transmisiones, mandos finales y las tolvas de los camiones. Todos estos cambios de componentes también son programados anualmente por el área de logística.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1 Antecedentes:

En toda mina sea pequeña, mediana o gran minería, todos sus equipos ya sean livianos o pesados generan polvo, el cual es un contaminante del medio ambiente.

Para controlar el polvo, la empresa apuesta el riego constante de agua no potable por los tanques de regadío. En la actualidad, la compañía, cuenta con cuatro tanques de regadío, cuyos años de funcionamiento sobrepasan los diez años.

La empresa posee cuatro tanques de regadío, 2 de modelo CAT 785C (97 y 98) y 2 de modelo CAT 785D (99 y 90).

Por el año de 1986, se hizo una reestructuración al sistema de mantenimiento a una empresa textil internacional, con el fin de mejorar la disponibilidad de sus equipos y cumplir con los objetivos de la empresa (Garcia et al., 2019).

Hoy en día todas las empresas buscan mejorar sus costos de producción, mejorando sus métodos de mantenimiento, con el fin de ser competitivos en este mundo globalizado (Morales Londoño et al., 2020).

En el Perú, una empresa con más de 28 años dedicada a la inyección de plástico, hizo una mejora a su plan de gestión de mantenimiento, causado por una baja disponibilidad de sus equipos (Fuchs et al., 2020).

2.2 Diagnostico situacional

En Cuajone se realiza una mejora al plan de mantenimiento preventivo del tanque de regadío TA 97, cuyo modelo de equipo es CAT 785 C, específicamente en los sistemas eléctricos quienes no están en el plan de mantenimiento anual.

El principal problema de la baja disponibilidad del TA 97, son las paradas no programadas provocadas principalmente en los sistemas eléctricos del equipo.

A continuación, en la siguiente tabla 4, se presentan las causas de falla, horas de reparación y número de paradas no programadas de cada mes del TA 97 en el año 2024.

Tabla 4. Datos de las causas de falla, horas de reparación y número de paradas no programadas de cada mes del TA 97 en el año 2024.

Causa de las fallas	Hora de reparación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Pines sulfatados del arnés de motor/transmisión/freno	10	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0
Conectores rotos del arnés de motor/transmisión/frenos	10	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0
Cables aislados del arnés de motor/transmisión/frenos	9	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0
Cables en cortocircuito del arnés de motor/transmisión/frenos	9	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0
Sensores con fallas del sistema eléctrico general del equipo	8	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0
Switches con fallas del sistema eléctrico general del equipo	8	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0
Faros de carrera con fallas intern	7	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Aspersores de regadío no fallas mecánicas/hidráulicas	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mangueras hidráulicas con fugas externas	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Llaves de calefacción con fugas	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total de las paradas por mes		10	9	10	9	10	9	10	9	10	3	3	3

Nota: Tabla tomada de los datos del programa HxGN Mine Operate OP Pro. 2024, 31 diciembre.

Tabla 5. Datos de las horas de falla, horas operativas, MTBF, MTTR, disponibilidad y confiabilidad por mes del TA 97 en el año 2024.

Meses del año 2024	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Horas de falla por mes	78	71	78	71	78	71	78	71	78	17	17	17
Horas operativas por mes	564.5	507	564.5	550	564.5	550	564.5	571.5	543	625.5	604	625.5
MTBF (horas)	56	56	56	61	56	61	56	64	54	209	201	209
MTTR (horas)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6
Disponibilidad %	88	88	88	89	88	89	88	89	87	97	97	97
Confiabilidad %	0.005	0.012	0.005	0.012	0.005	0.012	0.005	0.012	0.005	4.979	4.979	4.979

Nota: Tabla tomada de los datos del programa HxGN Mine Operate OP Pro. 2024, 31 diciembre.

Según el análisis de los reportes de la flota de regadío mediante el programa HxGN Mine Operate, se observa que el 80 % de las paradas no programadas están relacionadas con fallas en los sistemas eléctricos, y el 20% representa a las fallas mecánicas, hidráulicas y demás.

En la siguiente figura se visualiza las principales fallas que afectan a la disponibilidad del tanque de regadío TA 97:

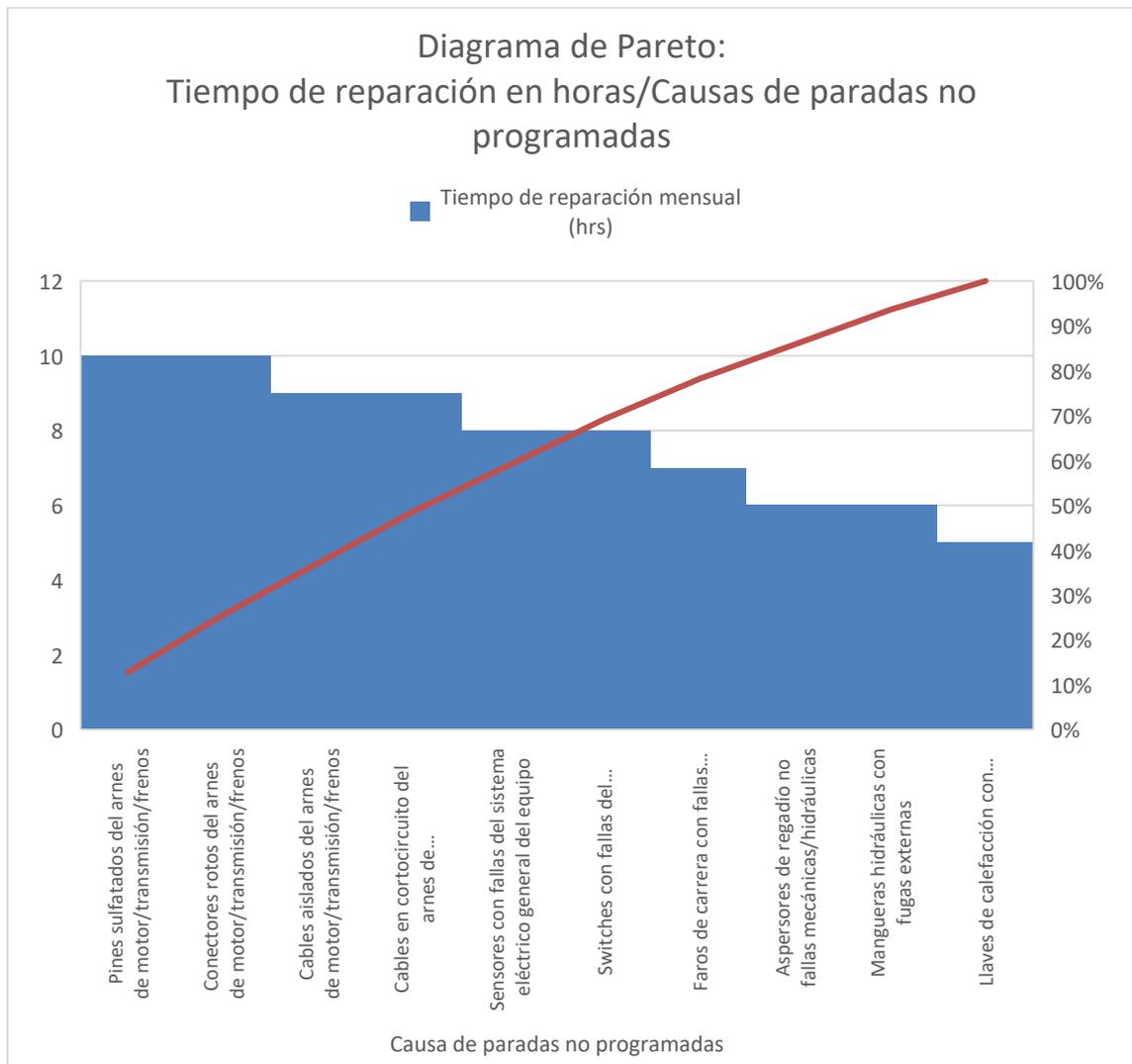


Figura 15. *Tiempo de reparación en horas vs causas de paradas no programadas. Información adaptada de la tabla 4 proporcionada del programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.*

También se realizó un diagrama de las causas y consecuencias que se tienen, cuando se generan las paradas no programadas en el tanque TA97; dentro de las consecuencias tenemos:

- Baja confiabilidad de los tanques de regadío.
- Pérdidas económicas al cambiar frecuentemente repuestos eléctricos.
- Una contaminación ambiental al producirse polvo y derrame de aceite.
- Posibilidad de accidentarse el mismo tanque o colisionar con otro equipo.
- Genera un estrés laboral, tanto a operaciones mina como a mantenimiento.

- Se tiene una baja disponibilidad de los tanques de regadío.
- No se cumple los objetivos de regadío en el área de operaciones.

A continuación, se presenta la figura 16 del diagrama del árbol, donde se visualiza las causas y consecuencias ya mencionadas:

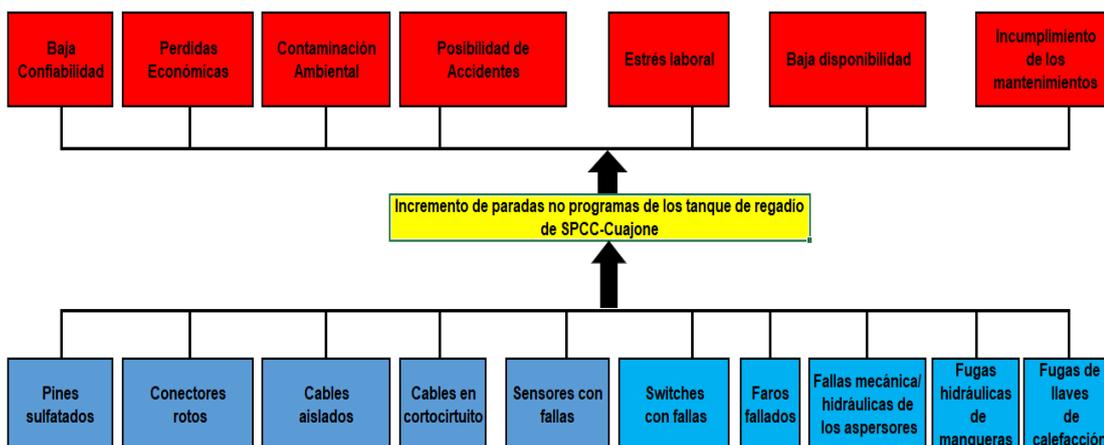


Figura 16. Diagrama del árbol del TA 97. Tomada de programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 diciembre.

2.3 Identificación de oportunidades o necesidad en el área de actividad profesional

En Cuajone, para mejorar el número de paradas que se tiene en los tanques de regadío, es muy alto y por eso es necesario dar una solución integral a la gran mayoría de las causas que provocan estas paradas no programadas; ya que influye directamente con la baja disponibilidad que se tiene en estos equipos.

Se identificó la necesidad de incorporar al plan de mantenimiento anual, el cambio programado de los arneses eléctricos llegados a unas horas de operación de los equipos:

- En los tanques de regadío, el arnés eléctrico del motor diésel, al llegar a las 14000 horas de operación, empiezan a presentar fallas eléctricas. Para evitar estas fallas, el arnés eléctrico del motor diésel, se ha incorporado al plan de mantenimiento preventivo, cambiándolo a las 14000 horas de operación; ya que generalmente no está considerado su cambio cuando se manda a su reparación y, por ende, tenemos arneses eléctricos de motores con más de 28000 horas de operación.
- También en los tanques de regadío, el arnés eléctrico de la transmisión, de los frenos y del VIMS, al llegar a las 25000 horas de operación, empiezan a presentar fallas

eléctricas. Para evitar estas fallas y por ende las paradas no programadas, es que se ha incorporado al plan de mantenimiento preventivo, cambiándolos a las 25000 horas de operación; ya que los equipos tienen más de 50000 horas de operación.

2.4 Objetivos de la actividad profesional

2.4.1 Objetivo principal

Mejorar el programa del plan de mantenimiento preventivo del tanque de regadío TA 97, para mejorar su disponibilidad en la empresa SPCC Cuajone”

2.4.2 Objetivo específico

Determinar la influencia de mejorar el programa de mantenimiento preventivo del tanque de regadío TA 97, incorporando el sistema eléctrico del motor, transmisión, freno y del VIMS, al plan de mantenimiento anual, para mejorar su disponibilidad en la empresa SPCC Cuajone.

2.5 Justificación de la actividad profesional

La mejora del plan de mantenimiento anual en los tanques de regadío es de mucha importancia en la mina Cuajone, ya que su principal función es controlar y evitar que se genere el polvo por todos los equipos pesados y no pesados, que trabajan en las rutas de operación de la mina.

Para aumentar la disponibilidad de estos equipos, se pretende incorporar al plan de mantenimiento, los cambios programados de los principales sistemas eléctricos que tiene la máquina; como son del motor, transmisión, frenos y del VIMS.

Al evaluar y analizar los datos de las paradas no programadas del tanque de regadío TA 97, a través del programa HxGN Mine Operate; se pretende dar una solución íntegra a las fallas principales; principalmente a los componentes eléctricos que causan gran mayor cantidad de paradas no programadas de cada mes.

2.6 Resultados esperados

Encontrar las principales causas y consecuencias que afectan las paradas no programadas en el tanque de regadío TA 97. Dar una solución íntegra a las fallas o problemas más frecuentes que afectan directamente a la disponibilidad del equipo.

Con este proyecto se pretende mejorar el plan de mantenimiento anual del tanque de regadío TA 97 que tiene la empresa, ya que su disponibilidad durante el año 2024, hasta el mes setiembre es del 89%.

Mejorar este plan de mantenimiento y eliminar las principales causas de paradas no programadas permite:

- Mejorar la disponibilidad de los equipos.
- Mayor confiabilidad.
- Evitar pérdidas económicas.
- Evitar la posibilidad de ocurrencia de accidentes.
- Disminuir el estrés laboral.
- Cumplir con los mantenimientos programados.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Gestión del mantenimiento

La gestión de mantenimiento es optimizar todos los recursos que están involucrados en el proceso del mantenimiento de equipos o máquinas y buscar reducir los costos operativos.

En Cuajone, esta gestión empieza con los administradores del directorio de la empresa, luego le sigue los gerentes de la empresa y continua con los superintendentes; para después seguir con los fejes de taller y finalmente llega la responsabilidad a los supervisores de los grupos de trabajo que hay en cada área.

En la siguiente tabla se muestra en forma resumida todos los integrantes en la gestión del mantenimiento.

Tabla 6. Integrantes en la Gestión del mantenimiento.

CATEGORÍA	PUESTO DE TRABAJO
Empleado	Director general mantenimiento
Empleado	Gerente de mantenimiento
Empleado	Superintendentes de mantenimiento
Empleado	Jefe de Taller de mantenimiento
Empleado	Supervisor de mantenimiento
Obreros	Grupos de trabajo en el área de mantenimiento

Nota: Tabla adaptada del organigrama interno de la empresa en Cuajone. 2024, 31 diciembre.

En la gestión del mantenimiento de Cuajone, son los empleados los que realizan todas las actividades administrativas que requiere la unidad minera Cuajone, y los obreros realizan la mayor parte de las actividades operativas que se realizan en Cuajone.

Elorrieta (2007) explica que gracias a los avances tecnológicos, las empresas están innovando la gestión del mantenimiento, usando nuevos métodos de gestión y continuar con la mejora continua; con el fin de seguir compitiendo en este mercado globalizado.

Pablo-Viveros, Raúl-Stegmaier, Fredy-Kristjanpoller, Luis-Barbera y Adolfo-Crespo (2013), presentan un modelo integral de gestión de mantenimiento, el cual está formado por siete etapas; el modelo está enfocado con cumplir los objetivos reales de la empresa, y buscar la mejora continua.

Es así que la empresa en busca de mejorar continuamente sus indicadores, está tercerizando algunas secciones del área de mantenimiento como, por ejemplo, el servicio de lubricación, el servicio de llantas, el servicio de cabinas del operador, y como garantía de sus equipos, se tiene a MTU, Cummins, Komatsu, y Caterpillar.

Carrasco (2016), analizó el área del mantenimiento, da conocer en la actualidad que todas las empresas, pequeñas, medianas y grandes, hoy tienen un departamento que gestiona todos los activos, todo esto lo realiza en buscar mejorar su gestión de mantenimiento.

Juan-Ardila, María-Ardila, David-Gaviria y Diego-Zuluaga (2016), por su parte, explican que cada día el mundo avanza a pasos agigantados donde la evolución del siglo XXI, tanto tecnológica como social, permite la creación de nuevos modelos gerenciales, cuyo fin es buscar la mejora continua.

Carro y González (2012), determinaron que la productividad y competitividad sana que realizan todas las empresas, en su rubro respectivo, se relaciona directamente con la eficiencia y a un plan mejorado de mantenimiento.

3.2 Mantenimiento preventivo

En la empresa Cuajone realizamos el mantenimiento preventivo de todos los equipos que están a nuestro cargo, la frecuencia es cada 250 horas operativas; es así que hay PM 250 horas, PM 500 horas, PM 1000 horas, PM 2000 horas y PM 4000 horas.

Realizar un mantenimiento preventivo tiene la finalidad de realizar trabajos o proceso programados, para garantizar la operatividad de los equipos o máquinas.

González y Mago (2024), detalla cómo realizar un diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las siete máquinas de la empresa SKF, con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de ocurrencias de falla.

En Cuajone se está realizando los PMS con la responsabilidad y seguridad que exige la empresa; donde también se presentan circunstancias operativas y es ahí donde:

Primero, D., Díaz, J., García, L. y González, A. (2024), propone un plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo de reducir los costos de producción de una empresa panificadora en el departamento de San Martín.

Este plan de mantenimiento preventivo viene dado por el área de planeación, con el apoyo de los datos entregados por parte de la supervisión. También hay variaciones en el cumplimiento de las fechas de ejecución de estos PMS; ya sea por las horas operativas no alcanzadas o por circunstancias operativas (Choques, daños a la propiedad).

Para realizar la mejora del plan de mantenimiento, se apoya en dos aspectos muy importantes, como son:

- Las horas planeadas del cambio de componentes (PCR): el reemplazo de estos componentes ayuda a alargar la vida útil y evitar posibles fallas.
- La frecuencia de realizar los mantenimientos programados: ayuda a conservar en óptimas condiciones todos los sistemas que se tienen en el equipo.

3.2.1 Plan de mantenimiento inicial

Tabla 7. Horas planeadas de cambio de componentes inicial del TA 97 al 30/09/2024.

Nombre del componente	Horas del componente	Horas del PCR
Motor diésel	11283	14000
Convertidor	5695	14000
Transmisión	11283	14000
Diferencial	1365	18000
Mando Final Rh	12645	18000
Mando Final Lh	7043	18000
Rueda Rh	2253	25000
Rueda Lh	8109	25000
Suspensión.D.Rh	10978	25000
Suspensión.D.Lh	18196	25000
Suspensión.P.Rh	11638	30000
Suspensión.P.Lh	11611	30000
Cilindro Lev.Rh	13622	30000
Cilindro Lev.Lh	14374	30000
Cilindro Direc. Rh	2447	12000
Cilindro Direc. Lh	2447	12000
Radiador	11283	28000
Arnés de motor	78261	No existe
Arnés de transmisión	78261	No existe
Arnés de frenos	78261	No existe
Arnés de Vims	78261	No existe

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 30 de setiembre.

Como se observa en la tabla, no está incluido el PCR de la parte eléctrica del TA 97, como es el arnés del motor, transmisión, frenos y Vims.

3.2.2 Plan de mantenimiento final

Tabla 8. Horas planeadas de cambio de componentes final del TA 97 al 31/12/2024.

Nombre del componente	Horas del componente	Horas del PCR
Motor diésel	12882	14000
Convertidor	7294	14000
Transmisión	12882	14000
Diferencial	2964	18000
Mando Final Rh	14244	18000
Mando Final Lh	8642	18000
Rueda Rh	3852	25000
Rueda Lh	9708	25000
Suspensión.D.Rh	12577	25000
Suspensión.D.Lh	19795	25000
Suspensión.P.Rh	13237	30000
Suspensión.P.Lh	13210	30000
Cilindro Lev.Rh	15221	30000
Cilindro Lev.Lh	15973	30000
Cilindro Direc. Rh	4046	12000
Cilindro Direc. Lh	4046	12000
Radiador	12882	28000
Arnés de motor	1599	14000
Arnés de transmisión	1599	25000
Arnés de frenos	1599	25000
Arnés de Vims	1599	25000

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

Como se observa en la tabla, ya está incluido el PCR de la parte eléctrica del TA 97, como es el arnés del motor, transmisión, frenos y Vims.

3.2.3 Frecuencia del mantenimiento del TA 97

A continuación, en las siguientes tablas se presentan las principales actividades realizadas en cada frecuencia de mantenimiento:

Tabla 9. Mantenimiento preventivo programado de 250 horas.

PM 250 Horas		
Actividad	Cantidad	N° de Parte
Cambiar aceite de motor diésel	54 galones	SAE 15W-40
Cambiar filtro de aceite de motor diésel	3	P551808
Cambiar filtro de combustible primario	2	P552341
Cambiar filtro de combustible secundario	2	1R0755
Cambiar filtro separador de agua	1	3261644
Nivelar grasa al tanque de reserva		
Engrasar pines y rótulas de articulaciones		
Torquear pines y rótulas de articulaciones según manual		
Nivelar nitrógeno a los acumuladores de dirección según manual		
Tomar muestra de aceite de todos los fluidos		

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

Tabla 10. Mantenimiento preventivo programado de 500 horas.

PM 500 Horas + (PM 250)		
Actividad	Cantidad	N° de Parte
Cambiar aceite de ruedas delanteras	12 galones	XFD60
Cambiar filtros de aire primarios y secundarios	2	AA2990NF
Cambiar filtro de parqueo	1	1R0773
Cambiar filtro de mandos finales	1	3283655
Cambiar filtro de dirección	1	1328876
Cambiar filtro de aceite del convertidor	2	1328876
Cambiar filtro de aceite de transmisión	2	1328876
Cambiar filtro de parqueo	1	3891088
Cambiar filtro de aire de cabina exterior	1	P618642
Cambiar filtro de aire de cabina interior	1	1070266
Cambiar respiradero del tanque de combustible	1	1R0755
Cambiar respiradero del tanque de dirección	1	1577911
Cambiar respiradero del convertidor	1	8X4575
Cambiar respiradero de la transmisión	1	6G0078
Cambiar respiradero de mandos finales	1	9C4937
Cambiar respiradero del tanque hidráulico	1	8J5604
Cambiar respiradero de ruedas delanteras	2	9C4937

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En el PM de 500 horas también se realizaron todas las actividades del PM de 250 horas.

Tabla 11. Mantenimiento preventivo programado de 1000 horas.

PM 1000 Horas + (PM 250+PM 500)		
Actividad	Cantidad	N° de Parte
Cambiar aceite de la transmisión	66 galones	HD 30W
Cambiar filtro secador de aire	1	3550210
Cambiar respiradero del cárter	3	4W3027

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En el PM de 1000 horas también se realizaron todas las actividades del PM de 500 horas y de 250 horas.

Tabla 12. Mantenimiento preventivo programado de 2000 horas.

PM 2000 Horas + (PM 250+PM 500+PM 1000)		
Actividad	Cantidad	N° de Parte
Cambiar aceite del tanque hidráulico	169 galones	HD 10W
Cambiar aceite del tanque de dirección	55 galones	HD 10W

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En el PM de 2000 horas también se realizaron todas las actividades del PM de 1000 horas, 500 horas y de 250 horas.

Tabla 13. Mantenimiento preventivo programado de 4000 horas.

PM 4000 Horas + (PM 250+PM 500+PM 1000+ PM 2000)		
Actividad	Cantidad	N° de Parte
Cambiar aceite de mandos finales	40 galones	XFD 60
Cambiar aceite del diferencial	80 galones	XFD 60
Cambiar respiradero del tanque de combustible	1	3261644

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En el PM de 4000 horas también se realizaron todas las actividades del PM de 2000 horas, 1000 horas, 500 horas y de 250 horas.

3.3 Mantenimiento correctivo

Actualmente, en el taller de volquetes se realizaron un mantenimiento correctivo, la finalidad de efectuar trabajos de reparación después que haya ocurrido las fallas en los equipos.

Todo empieza cuando los reportes de fallas vienen del servicio de campo, y es ahí donde se empieza a buscar el repuesto, hacer el requerimiento, luego pedir la aprobación, y una vez conseguido el repuesto recién se hace la coordinación para su instalación.

Primero et al., (2015) presentan un manual de mantenimiento correctivo, específicamente a los equipos biomédicos que se utilizan en la fundación Valle de Lili, Cali, Colombia; ya que los mantenimientos tanto preventivo como predictivo no lograron predecir las fallas de los equipos.

La gran mayoría de las fallas reportadas a la supervisión son las eléctricas, ya que por su estructura, diseño y antigüedad fallan frecuentemente.

Este tipo de mantenimiento era costumbre antiguamente, pero en la actualidad todas las empresas evitan realizar un mantenimiento correctivo; ya que generan paradas imprevistas.

3.4 Mantenimiento predictivo:

En el taller de volquetes se realiza:

- El análisis de aceite: es el lugar donde se realiza el monitoreo del estado de los componentes de la flota de camiones mineros. Como, por ejemplo, la cantidad de Na o Fe que existe en los motores diésel, también se le monitorea el estado de todos los componentes del tren de potencia, que hay en los camiones mineros.
- El análisis vibracional: mayormente se realiza cuanto de vibración poseen los motores diésel, y en el alternador de potencia; ya tenemos los lugares fijos de alto voltaje y amperaje. Este análisis se realiza cada mantenimiento o cuando la situación lo requiera.
- El análisis de fisuras: es ejecutado en todos los pines de articulación que hay tanto en los volquetes mineros como en los cargadores grandes que tienen a su cargo en taller.
- La planificación y programación de los mantenimientos, de todos los equipos pesados que existen en la unidad minera Cuajone.

Realizar un mantenimiento predictivo tiene la finalidad de prever fallas a futuro, ya que con las herramientas apropiadas se supervisa, monitorea, y controla constantemente las condiciones reales que presentan los componentes internos de los equipos.

Mafla y Castejón (2022) nos presenta un plan de mantenimiento predictivo a los equipos de mayor criticidad en una empresa agrícola, con el objetivo de predecir las fallas antes de tener una parada correctiva.

3.5 Horas de fallas por mes

A continuación, se presentan las horas de fallas no programadas de cada mes del TA 97 en el año 2024, tomadas de la tabla 4:

- Horas de enero: $10*2+9*2+8*2+7*1+6*1+6*1+5*1$: 78 horas.
- Horas de febrero: $10*2+9*2+8*2+6*1+6*1+5*1$: 71 horas.
- Horas de Marzo: $10*2+9*2+8*2+7*1+6*1+6*1+5*1$: 78 horas.
- Horas de abril: $10*2+9*2+8*2+6*1+6*1+5*1$: 71 horas.
- Horas de mayo: $10*2+9*2+8*2+7*1+6*1+6*1+5*1$: 78 horas.
- Horas de junio: $10*2+9*2+8*2+6*1+6*1+5*1$: 71 horas.

- Horas de julio: $10*2+9*2+8*2+7*1+6*1+6*1+5*1$: 78 horas.
- Horas de agosto: $10*2+9*2+8*2+6*1+6*1+5*1$: 71 horas.
- Horas de setiembre: $10*2+9*2+8*2+7*1+6*1+6*1+5*1$: 78 horas.
- Horas de octubre: $6*1+6*1+5*1$: 17 horas.
- Horas de noviembre: $6*1+6*1+5*1$: 17 horas.
- Horas de diciembre: $6*1+6*1+5*1$: 17 horas.

3.6 Horas operativas por mes

Para realizar el cálculo de las horas operativas por mes, se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Horas operativas por mes: Horas programadas al mes} - \text{Horas de fallas no programadas} \quad (1)$$

Para el cálculo de las horas programadas, se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Horas programadas al mes: Horas totales del mes} - \text{Horas totales de paradas programadas} \quad (2)$$

Para el cálculo de las horas totales del mes, varía ya que tenemos meses de 28 días, 30 días y 31 días:

- Las horas totales de enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre son: $31*24$: 744 horas.
- Las horas totales de febrero son: $28*24$: 672 horas.
- Las horas totales de abril, junio, setiembre y noviembre son: $30*24$: 720 horas.

El total de horas de paradas programadas al mes se realiza sumando las horas de las siguientes actividades:

- Cambio de guardia: se tiene dos cambios de guardia, tanto en turno día como de noche, cada cambio tiene una duración de 30 min; lo cual hace un total de 1 hora al día.
- Descanso de media guardia: se tiene dos cambios de guardia, tanto en turno día como de noche, cada cambio tiene una duración de 30 min; lo cual hace un total de 1 hora al día.
- Ingreso a grifo: el TA 97 ingresa al grifo en cada turno, cada ingreso es de 15 min y por lo tanto al haber dos turnos, se tiene un total de 30 min al día.

- Mantenimiento programado: el TA 97 tiene un ciclo de mantenimiento cada 250 horas, con una duración de 12 horas, esto se cumple a las dos semanas de trabajo. Por tanto, al mes tenemos 2 paradas programadas, haciendo un total de 24 horas al mes.

Tabla 14. Horas programadas con mes de 31 días.

Horas programadas de enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre			
Actividades	Tiempo en horas	Frecuencia	Horas al mes
Cambio de guardia	1	31	31
Descanso de media guardia	1	31	31
Ingreso a grifo	0.5	31	15.5
Mantenimiento programado	12	2	24
Paradas programadas al mes:			101.5
Horas totales de 31 días (31*24)			744
Horas programadas:			642.5

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En esta tabla realizamos el cálculo de:

- Paradas programadas al mes: $31 + 31 + 15.5 + 24 = 101.5$ horas.
- Horas totales al mes: $31*24 = 744$ horas.
- Horas programadas al mes = $744 - 101.5 = 642.5$ horas.

Tabla 15. Horas programadas con mes de 30 días.

Horas programadas de abril, junio, setiembre y noviembre			
Actividades	Tiempo en horas	Frecuencia	Horas al mes
Cambio de guardia	1	30	30
Descanso de media guardia	1	30	30
Ingreso a grifo	0.5	30	15
Mantenimiento programado	12	2	24
Paradas programadas al mes:			99
Horas totales de 30 días (30*24)			720
Horas programadas:			621

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En esta tabla realizamos el cálculo de:

- Paradas programadas al mes: $30 + 30 + 15 + 24 = 99$ horas.
- Horas totales al mes: $30 * 24 = 720$ horas.
- Horas programadas al mes = $720 - 99 = 621$ horas.

Tabla 16. Horas programadas con mes de 28 días.

Horas programadas del mes de febrero			
Actividades	Tiempo en horas	Frecuencia	Horas al mes
Cambio de guardia	1	28	28
Descanso de media guardia	1	28	28
Ingreso a grifo	0.5	28	14
Mantenimiento programado	12	2	24
Paradas programadas al mes:			94
Horas totales de mes 28 días (28*24)			672
Horas programadas:			578

Nota: Tabla adaptada del programa HxGN Mine Operate OP Pro y del programa interno de mantenimiento de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

En esta tabla realizamos el cálculo de:

- Paradas programadas al mes: $28 + 28 + 14 + 24 = 94$ horas.
- Horas totales al mes: $28 * 24 = 672$ horas.
- Horas programadas al mes = $672 - 94 = 578$ horas.

Finalmente, se realiza el cálculo de las horas operativas por mes:

- Horas operativas por mes: Horas programadas al mes – Horas de fallas
- Horas operativas de enero: $642.5 - 78:$ 564.5 horas.
- Horas operativas de febrero: $578 - 71:$ 507 horas.
- Horas operativas de marzo: $642.5 - 78:$ 564.5 horas.
- Horas operativas de abril: $621 - 71:$ 550 horas.
- Horas operativas de mayo: $642.5 - 78:$ 564.5 horas.
- Horas operativas de junio: $621 - 71:$ 550 horas.
- Horas operativas de julio: $642.5 - 78:$ 564.5 horas.
- Horas operativas de agosto: $642.5 - 71:$ 571.5 horas.
- Horas operativas de setiembre: $621 - 78:$ 543 horas.
- Horas operativas de octubre: $642.5 - 17:$ 625.5 horas
- Horas operativas de noviembre: $621 - 17:$ 604 horas.
- Horas operativas de diciembre: $642.5 - 17:$ 625.5 horas.

En la lista presentada observamos como afecta las horas de las fallas no programadas causada por problemas eléctricos en los meses de enero a setiembre, obteniendo las horas operativas de hasta 507 horas; Sin embargo, al no tener esas horas de las fallas no programadas causadas por problemas eléctricos en los meses de octubre a diciembre, obtenemos las horas operativas de hasta 625.5 horas.

3.7 MTBF por mes

El MTBF: es el tiempo promedio que hay entre cada falla.

Se realiza el cálculo del MTBF apoyados de la tabla 4 y las horas operativas por mes, cuya fórmula es:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas operativas al mes}}{\text{Número total de paradas no programadas al mes}} / \quad (3)$$

- MTBF de enero: 564.5/10: 56.45 horas.
- MTBF de febrero: 507/9: 56.33 horas.
- MTBF de marzo: 564.5/10: 56.45 horas.
- MTBF de abril: 550/9: 61.11 horas.
- MTBF de mayo: 564.5/10: 56.45 horas.
- MTBF de junio: 550/9: 61.11 horas.
- MTBF de julio: 564.5/10: 56.45 horas.
- MTBF de agosto: 571.5/ 9: 63.50 horas.
- MTBF de setiembre: 543/10: 54.30 horas.
- MTBF de octubre: 625.5/3: 208.50 horas.
- MTBF de noviembre: 604/ 3: 201.33 horas.
- MTBF de diciembre: 625.5/3: 208.50 horas.

En la lista presentada se observa cómo afectan las paradas no programadas, causada por problemas eléctricos, en los meses de enero a setiembre, obteniendo un MTBF de hasta 54.30 horas; sin embargo, al no tener esas paradas no programadas causadas por problemas eléctricos en los meses de octubre a diciembre, obtenemos un MTBF de hasta 208.5 horas.

3.8 MTTR por mes

El MTTR: es el tiempo promedio que hay para reparar cada falla.

Realizamos el cálculo del MTTR apoyados de la tabla 4 y las horas de falla por mes, cuya fórmula es:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas de fallas por mes}}{\text{Número total de paradas no programadas al mes}} \quad (4)$$

- MTTR de enero: 78/10: 7.80 horas.
- MTTR de febrero: 71/9: 7.89 horas.
- MTTR de marzo: 78/10: 7.80 horas.
- MTTR de abril: 71/9: 7.89 horas.
- MTTR de mayo: 78/10: 7.80 horas.
- MTTR de junio: 71/9: 7.89 horas.
- MTTR de julio: 78/10: 7.80 horas.
- MTTR de agosto: 71/9: 7.89 horas.
- MTTR de setiembre: 78/10: 7.80 horas.
- MTTR de octubre: 17/3: 5.67 horas.
- MTTR de noviembre: 17/3: 5.67 horas.
- MTTR de diciembre: 17/3: 5.67 horas.

En la lista presentada se observa cómo afecta las paradas no programadas causada por problemas eléctricos en los meses de enero a setiembre, obteniendo un MTTR de hasta 7.89 horas; sin embargo, al no tener esas paradas no programadas causadas por problemas eléctricos en los meses de octubre a diciembre, obtenemos un MTTR de hasta 5.67 horas.

3.9 Disponibilidad

La disponibilidad representa el porcentaje de tiempo listo para operar. Se realiza el cálculo de la disponibilidad apoyados del MTBF y MTTR calculados anteriormente, cuya fórmula es:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})} \quad (5)$$

3.9.1 Disponibilidad antes de la mejora

A continuación, se presentan los cálculos realizados en los meses de enero a setiembre:

- Disponibilidad de enero: $56.45 / (56.45 + 7.80) * 100$: 88%
- Disponibilidad de febrero: $56.33 / (56.33 + 7.89) * 100$: 88%

- Disponibilidad de marzo: $56.45 / (56.45 + 7.80) * 100$: 88%
- Disponibilidad de abril: $61.11 / (61.11 + 7.89) * 100$: 89%
- Disponibilidad de mayo: $56.45 / (56.45 + 7.80) * 100$: 88%
- Disponibilidad de junio: $61.11 / (61.11 + 7.89) * 100$: 89%
- Disponibilidad de julio: $56.45 / (56.45 + 7.80) * 100$: 88%
- Disponibilidad de agosto: $63.50 / (63.50 + 7.89) * 100$: 89%
- Disponibilidad de setiembre: $54.30 / (54.3 + 7.80) * 100$: 87%

Al continuar con las fallas eléctricas de cada mes, provoca que el tiempo promedio de fallas varíe de 54.30 horas a 61.11 horas, también ocasiona que el tiempo promedio de reparar estas fallas varíe de 7.8 a 7.89 horas; generando que la disponibilidad sea de 89%.

3.9.2 Disponibilidad después de la mejora

A continuación, se presentan los cálculos realizados en los meses de octubre a diciembre:

- Disponibilidad de octubre: $208.50 / (208.50 + 5.67) * 100$: 97%
- Disponibilidad de noviembre: $201.33 / (201.33 + 5.67) * 100$: 97%
- Disponibilidad de diciembre: $208.50 / (208.50 + 5.67) * 100$: 97%

Al realizar el cambio de los arneses del motor, transmisión, frenos y Vims, mejoramos el aumento del tiempo promedio de falla, de tener 54.30 horas (de enero a setiembre) a obtener 208.33 horas (de octubre a diciembre); también mejora en acortar el tiempo promedio de reparación de estas fallas, de tener 7.89 horas (De enero a setiembre) a obtener 5.67 horas (De octubre a diciembre); con estos valores mejorados, se tiene como resultado un aumento en la disponibilidad del equipo, de tener 89 % a obtener 97%.

Cárcel (2016) explica de la importancia de la disponibilidad y su relación con las fallas operacionales; cuya misión es obtener la mejor utilización de los equipos o maquinarias en un tiempo que ya está programado.

Jhon-Vidaurre, Melissa-Pío, Rebeca- Reyes, y Grimaldo-Quispe (2022), hacen referencia de cómo la aplicación del método RCM logra aumentar la disponibilidad en los equipos de una empresa de polímeros; donde hace una priorización de equipos en relación al tipo de trabajo que desarrollan.

3.10 Confiabilidad

La confiabilidad es la capacidad de hacer frente a las fallas y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Confiabilidad: } e^{-\frac{\text{Horas operativas}}{\text{MTBF}}} * 100 \quad (6)$$

3.10.1 Confiabilidad antes de la mejora

A continuación, se presentan los cálculos realizados en los meses de enero a setiembre:

- Confiabilidad de enero: $e^{-\frac{564.5}{56.45}} * 100$: 0.005%
- Confiabilidad de febrero: $e^{-\frac{507}{56.33}} * 100$: 0.012%
- Confiabilidad de marzo: $e^{-\frac{564.5}{56.45}} * 100$: 0.005%
- Confiabilidad de abril: $e^{-\frac{550}{61.11}} * 100$: 0.012%
- Confiabilidad de mayo: $e^{-\frac{564.5}{56.45}} * 100$: 0.005%
- Confiabilidad de junio: $e^{-\frac{550}{61.11}} * 100$: 0.012%
- Confiabilidad de julio: $e^{-\frac{564.5}{56.45}} * 100$: 0.005%
- Confiabilidad de agosto: $e^{-\frac{571.5}{63.50}} * 100$: 0.012%
- Confiabilidad de setiembre: $e^{-\frac{543}{54.30}} * 100$: 0.005%

Al continuar con las fallas eléctricas de cada mes, provoca que el tiempo promedio de fallas varíe de 54.30 horas a 61.11 horas, también ocasiona que las horas operativas varíe de 543 horas a 571.5 horas; generando que la confiabilidad llegue hasta un 0.005%.

3.10.2 Confiabilidad después de la mejora

A continuación, se presentan los cálculos realizados en los meses de octubre a diciembre:

- Confiabilidad de octubre: $e^{-\frac{625.5}{208.50}} * 100$: 4.979%

- Confiabilidad de noviembre: $e^{-\frac{604}{201.33}} * 100$: 4.979%
- Confiabilidad de diciembre: $e^{-\frac{625.5}{208.50}} * 100$: 4.979%

Al realizar el cambio de los arneses del motor, transmisión, frenos y Vims, se mejoró el tiempo promedio de falla, de tener 54.30 horas (de enero a setiembre) a obtener 208.33 horas (de octubre a diciembre); también se aumentó las horas operativas, de tener 543 horas (de enero a setiembre) a obtener 625.5 horas (de octubre a diciembre); con estos valores mejorados, se obtuvo como resultado un incremento en la confiabilidad del equipo; de tener 0.005% a obtener 4.979%.

Sin embargo, esta confiabilidad aún es baja; ya que persisten en cada mes, las paradas no programadas de los problemas en los sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos que se tienen en el equipo.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1 Descripción de las actividades profesionales

4.1.1 Supervisión, control y modificación de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo

En esta primera función el bachiller se encarga de realizar las siguientes actividades:

- a) Recepcionar y revisar el revelo de trabajos realizados, reporte de fallas y trabajos pendientes que hay en el día, en la semana y mensualmente.
- b) Revisar y analizar todos los reportes de fallas y trabajos pendientes diariamente mediante el programa HxGN Mine Operate OP Pro.
- c) Revisar y analizar todos los reportes de fallas y trabajos pendientes mensualmente mediante el programa HxGN Mine Operate OP Pro.
- d) Reportar a la jefatura de mantenimiento, diariamente las fallas que hay en toda la flota de camiones.
- e) Reportar a la jefatura de mantenimiento, diariamente los trabajos pendientes que hay en toda la flota de camiones.
- f) Coordinar con la jefatura de mantenimiento, la modificación del plan preventivo que hay en el día, para cumplir el plan de mantenimiento mensual.
- g) Enviar a la jefatura de mantenimiento, el reporte diario de todos los trabajos realizados y pendientes del área de volquetes.
- h) Realizar y enviar el tareo diario, de todos los trabajadores del área de volquetes en el turno de guardia.
- i) Realizar el relevo al siguiente supervisor todos los trabajos realizados, el reporte de fallas y los trabajos pendiente a realizar.
- j) Dar inducción a todo personal nuevo que ingresa a mina, como son los practicantes y becarios que ingresan cada año.

4.1.2 Supervisión, control y organización del servicio de campo:

En esta segunda función el bachiller se encarga de realizar las siguientes actividades:

- a) Capacitar a todo el personal de servicio de campo en los sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos.

- b) Analizar los reportes de fallas que hay durante el mes, dejados por los compañeros que realizan el servicio de campo, para modificar el plan de mantenimiento mensual.
- c) Coordinar con las empresas de MTU, Komatsu, y Cummins el apoyo en servicio de campo, ya que algunos componentes de los equipos están en garantía.
- d) Coordinar con la jefatura de mantenimiento y la jefatura de operaciones mina, el traslado de los equipos de campo que necesitan el servicio de reparación en las bahías de mantenimiento.
- e) Coordinar con el área de almacén el suministro de repuestos que necesitan los equipos que fallan en campo.
- f) Supervisar que se cumplan las normas de seguridad que exige la empresa en los servicios de campo.

4.1.3 Supervisión, control y organización del servicio de mantenimiento diario

En esta tercera función el bachiller se encarga de realizar las siguientes actividades:

- a) Coordinar y actualizar el plan de mantenimiento diario con la jefatura de mantenimiento.
- b) Delegar al grupo de trabajadores que van a realizar en plan de mantenimiento diario.
- c) Coordinar con el área de almacén el suministro de repuestos que se necesitan para realizar el mantenimiento diario.
- d) Coordinar y comunicar a las empresas contratistas (Grupo MTU, Neuma, Komatsu, Ferreyros, Cummins y Selín) la ejecución del mantenimiento diario, de los equipos que están programados.
- e) Coordinar con el área de electricidad y soldadura, todos los trabajos programados que se van a realizar, en los equipos de mantenimiento.
- f) Supervisar que se cumplan las normas de seguridad que exige la empresa en el servicio de mantenimiento diario.

4.1.4 Supervisión, control y organización del servicio de diagnóstico de fallas

En esta cuarta función el bachiller se encarga de realizar las siguientes actividades:

- a) Capacitar a todo el personal de servicio de diagnóstico de fallas, en los sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos.
- b) Delegar al grupo de trabajadores que van a realizar el servicio de diagnóstico de fallas.
- c) Brindar toda la información necesaria, como son los planos eléctricos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos, respecto a la falla a solucionar.

- d) Coordinar con las empresas contratistas (Grupo MTU, Neuma, Komatsu, Cummins y Ferreyros), el apoyo con datos actualizados, respecto a la falla a solucionar.
- e) Supervisar que se cumplan las normas de seguridad que exige la empresa en el servicio de diagnóstico de fallas.

4.1.5 Supervisión, control y organización del servicio de intercambio de componentes mayores:

En esta quinta función el bachiller se encarga de realizar las siguientes actividades:

- a) Coordinar y actualizar el plan de intercambio de componentes mayores diario con la jefatura de mantenimiento.
- b) Delegar al grupo de trabajadores que van a realizar el servicio de intercambio de componentes mayores.
- c) Brindar toda la información de los procedimientos normalizados de acuerdo al manual de servicio de cada equipo a trabajar
- d) Coordinar con el área de almacén el suministro de repuestos que se necesitan para realizar el servicio de intercambio de componentes mayores.
- e) Coordinar con todas las áreas involucradas en el servicio de intercambio de componentes mayores.
- f) Supervisar que se cumplan las normas de seguridad que exige la empresa en el servicio de intercambio de componentes mayores.

4.2 Enfoque de las actividades profesionales

El área del taller de volquetes realiza el mantenimiento de la flota de camiones de acarreo, cargadores grandes, tanques de regadío y camiones de remolque, brindando el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

El enfoque de las actividades profesionales es cumplir con los objetivos que tiene el taller de volquetes, de manera segura y responsable, cuidando la infraestructura del taller y principalmente la vida de todos los trabajadores de la guardia como, por ejemplo, capacitando en los formatos de IPERC, los reportes del SBC y capacitándolos técnicamente en los trabajos a realizar.

4.3 Alcance de las actividades profesionales:

Para cumplir los objetivos del plan de mantenimiento anual del año 2024, se analiza todos los datos y cuadros comparativos de cada mes, llevando un control al detalle de todos los trabajos programados y no programados.

Mediante el programa HxGN Mine Operate OP Pro, se analizó los reportes de fallas, los trabajos realizados y los trabajos pendientes tanto diario, semanal, mensual y anual de toda la flota; como son los cargadores Letourneau, los camiones Komatsu 980 y 930, los camiones Caterpillar 797F y 793D, los camiones Caterpillar de remolque 793C y los tanques de regadío Caterpillar 785.

Con la responsabilidad de asumir el cargo de supervisor y obtener como resultado una baja disponibilidad de los tanques de regadío en el año 2024, es que se realizó este trabajo de investigación; para ello se efectuaron una serie de metodologías, las cuales son:

a) Planificar:

Planificar cumplir el plan de mantenimiento preventivo se realiza cada día, semana, mes y anualmente, esto siempre en coordinación con la jefatura de mantenimiento.

Planificar los trabajos diarios, depende mucho de la cantidad de trabajadores disponibles que hay en la guardia, como también de la disponibilidad de los repuestos y la coordinación de la llegada a tiempo de los equipos por parte de operaciones mina.

El cumplimiento del plan de mantenimiento es evaluado cada mes por parte de la superintendencia y gerencia de mantenimiento.

b) Delegar:

Para optimizar las funciones del supervisor, es que se delega como encargado a un trabajador en cada servicio que se realiza en el taller, es decir que hay un encargado de servicio de campo, otro encargado del mantenimiento diario, otro del diagnóstico de fallas y otro del servicio de intercambio de componentes mayores.

Los encargados de cada servicio son principalmente trabajadores con experiencia y conocen el historial de cada equipo, también son los más capacitados en mecánica, hidráulica, electricidad y neumática.

c) Priorizar:

Priorizar la ejecución de cada servicio depende mucho de hacer cumplir el plan de mantenimiento semanal, ya que siempre hay retrasos con los servicios que se realizan, ya sea por circunstancias operativas, como también por la falta de personal o repuestos.

La prioridad en la atención de los equipos es el siguiente orden:

- Los cargadores Letourneau 1850 y 2350
- Los camiones Komatsu 980
- Los camiones Komatsu 930
- Los camiones CAT 793D
- Los tanques de regadío CAT 785
- Los camiones de remolque CAT 793C

Esta priorización de los equipos puede variar dependiendo de las circunstancias operativas que puedan tener cada caso como, por ejemplo, cuando cualquier equipo falla en una rampa principal de la mina, se considera prioridad 1.

d) Aplicar valores:

La supervisión del taller de volquetes se destaca por mostrar el respeto, la responsabilidad, la honestidad, el trabajo en equipo, el compromiso, y generar confianza tanto a los trabajadores de la empresa como a los trabajadores de las contratistas.

En el taller de mantenimiento de volquetes, se trata que haya un ambiente laboral agradable, donde cada trabajador muestre su mejor versión; donde esté alegre en realizar sus actividades profesionales.

En cada charla de seguridad, a inicio de realizar las labores, todos los trabajadores aportan con ideas y soluciones que necesita el área de mantenimiento. Las alternativas de solución son llevadas a la supervisión y jefatura del taller de mantenimiento, para su pronta de solución o programar una solución a corto, mediano o largo plazo.

e) Seguimiento:

Empieza con ingresar al programa SAP las Ordenes de Trabajo (OT) que se generan cuando se recibe un reporte de reparación pendiente en el servicio de campo o del servicio de mantenimiento programado.

Después se hace el requerimiento de repuestos al área de almacén y logística.

El área de almacén y logística coordina con las empresas contratistas para el envío y entrega de los repuestos. Cabe destacar que el tiempo de entrega en cada repuesto varía; ya que algunos repuestos están en los almacenes de la mina y otros están en las sedes principales de cada contratista.

Luego el área de almacén y logística comunica a la supervisión del taller de volquetes la llegada del repuesto.

Finalmente, el supervisor se encarga de programar el cambio del repuesto, el cual puede ser en el día de guardia o en el plan semanal de mantenimiento.

4.4 Entregables de las actividades profesionales:

- El supervisor (bachiller) es evaluado diariamente por el jefe de taller, ya que debe entregar el reporte diario de los trabajos ejecutados, tanto los programados como los no programados; también, los trabajos pendientes para ejecutar las ordenes de trabajo a través del programa SAP.
- Realizar un informe detallado de relevo de guardia al supervisor entrante, donde se especifica todos los trabajos realizados y pendientes, y servicios prestados a las empresas contratistas.
- Llenar diariamente en el historial de cada equipo, todos los trabajos realizados, desde PMs programados hasta reparaciones no programadas.
- Ingresar al SAP todas las horas de trabajo que realizaron los grupos de servicio durante la guardia de turno.
- Entregar los formatos de IPERC y SBC a todos los grupos de servicio; ya que ayudan a identificar los incidentes y accidentes, las condiciones y actos subestándares.
- Entregar los EPPs a todo el personal de la guardia, permite protegerse de las condiciones ambientales y laborales.
- Entregar formatos de inspección de equipos y herramientas usados en el taller, asegura saber realmente si las condiciones son óptimas para su uso.
- Entregar informes de accidentes a la jefatura de guardia.

4.5 Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.5.1 Metodología

La metodología de esta investigación posee un método analítico, donde se analizará e investigará el problema principal, descubriendo así las principales causas, sus consecuencias que generan, teniendo todos los datos se formulará una solución integra al problema que afecta a los tanques de regadío en la mina Cuajone.

La metodología aplicada en la investigación es del tipo aplicativo, porque se analizará y estudiará los indicadores de MTBF, MTTR y la disponibilidad.

También esta metodología es proyectiva, ya que otorgará una propuesta de solución a la frecuencia de paradas no programadas de los tanques de regadío.

La metodología tiene un nivel descriptivo, donde se llega a conocer la realidad de la gestión del mantenimiento, con respecto a los tanques de regadío.

El diseño de este proyecto es no experimental, ya que permite observar naturalmente la gestión del mantenimiento respecto a los tanques de regadío y también es un diseño causal comparativa, ya que determinará cómo influye la incorporación de los sistemas eléctricos del equipo al plan de mantenimiento anual.

4.5.2 Técnica

Como técnica en la recolección de datos, se utilizó el análisis documental, donde se encuentra el historial de trabajos y fallas que tienen los equipos; esto gracias al programa HxGN Mine Operate.

En este proyecto de Trabajo por Suficiencia Profesional se pretende mejorar la disponibilidad de los tanques de regadío, y para ello, se emplearon las siguientes técnicas adicionales:

a) Observación:

Esta técnica consiste en observar al detalle el caso de estudio y reportar los datos más importantes, para luego ser analizados y clasificados de acuerdo a su prioridad.

b) Evaluación:

Esta técnica consiste en evaluar los equipos, teniendo en cuenta la prioridad de atención. Aquí se analiza la gravedad de las fallas y sus respectivas consecuencias.

c) Planificación:

Esta técnica nos permite planificar todos los trabajos que deben realizarse en el taller; sin embargo, la planificación puede cambiar por diversos factores, como, por ejemplo, la falta de personal o repuestos, accidentes por circunstancias operativas, etc.

d) Ejecución:

Esta técnica consiste en realizar los trabajos programados y no programados de forma responsable y segura.

e) Supervisión:

Esta técnica consiste en observar a los equipos de servicio, la forma como realizan los trabajos; con la finalidad que cumplan las normas de seguridad establecida por la empresa.

f) Control:

Esta técnica consiste en monitorear el estado real de funcionamiento de los equipos y tomar un registro de los datos para su posterior evaluación.

4.5.3 Instrumentos

- Programa HxGN Mine Operate OP Pro: permite analizar datos registrados y actuales de los equipos.
- Programa SAP: permite generar ordenes de trabajo y hacer seguimiento de los repuestos y herramientas de la empresa
- Programa DiaSys MTU: facilita la visualización de fallas activas y no activas en los motores MTU que hay en Cuajone, también permite realizar ajuste en la configuración del motor diésel.
- Programa Insite Cummins: facilita la visualización de fallas activas y no activas en los motores Cummins que hay en Cuajone, también permite realizar ajuste en la configuración del motor diésel.

- Programa ET CAT: facilita la visualización de fallas activas y no activas en los motores Caterpillar que hay en Cuajone, también permite realizar ajuste en la configuración del motor diésel.
- Programa VIMS: Permite monitorear en tiempo real todos los parámetros que hay en el equipo Caterpillar.
- Programa Microsoft Excel: Permite realizar gráfico y cuadros estadísticos que ayudan a realizar los reportes diarios que se envían a las jefaturas.
- Programa Microsoft Word: Permite realizar los informes detallados de todos los trabajos más relevantes que hay durante la semana a toda las jefaturas y director del área de mantenimiento.

4.5.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

- Kit completo del sistema eléctrico de motor, transmisión y frenos de los tanques de regadío, ya que son los materiales que van a estar en stock de almacén, para programar su cambio.
- Una computadora de mesa, donde se recibe y analiza todos los correos que llegan a la supervisión del taller.
- Una laptop, donde están todos los programas de diagnóstico de fallas de cada modelo de equipos esté escaneo se puede realizar tanto en campo como en el taller.
- Tres radios de comunicación satelital, sirve para la comunicación del supervisor, el servicio de campo y servicios en el taller.
- Equipo de protección personal, nos ayuda a trabajar de manera segura y responsable, cumpliendo así las normas de seguridad de la empresa.
- Una impresora a color, permite imprimir todos los reportes e informes que realiza la supervisión.
- Dos camionetas 4x4, nos permite el traslado dentro y fuera de la mina tanto a la supervisión como al servicio de campo.

4.6 Ejecución de las actividades profesionales

Este proyecto se realiza en el año 2024, para mejorar el plan de mantenimiento preventivo del tanque de regadío TA 97 y poder mejorar su disponibilidad; para lo cual se efectuaron las siguientes actividades:

Tabla 17. Actividades ejecutadas durante el año 2024.

Actividades realizadas por el bachiller en el año 2024												
Actividad/Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1) Identificar el problema principal	X											
2) Recopilación de datos		X										
3) Análisis de los datos			X									
4) Identificar las causas				X	X							
5) Identificar las consecuencias				X	X							
6) Proponer soluciones						X						
7) Elegir la solución optima							X					
8) Ejecutar la solución								X	X			
9) Evaluar los resultados										X	X	
10) Estandarizar la solución												X

Nota: Tabla adaptada de las actividades realizadas por el bachiller en la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

4.6.1 Identificar el problema principal:

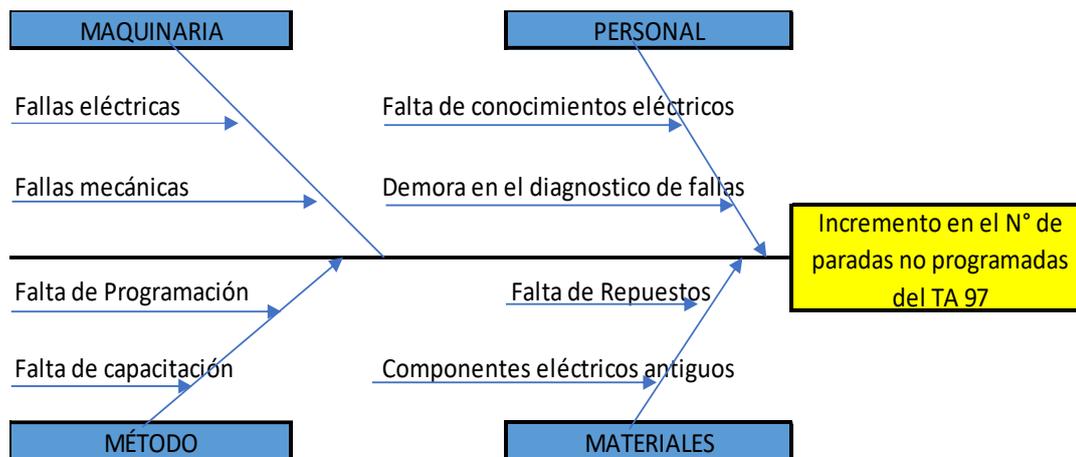


Figura 17. Diagrama de Ishikawa. Tomada de programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 diciembre

Al realizar el diagrama, se observa que el problema principal es el incremento del número de paradas no programadas del TA 97; analizando los datos recopilados tenemos que las fallas eléctricas representan un porcentaje mayoritario.

La siguiente figura muestra la baja disponibilidad que tenía el TA 97, desde enero hasta setiembre de este año 2024, el cual demuestra que hay un gran problema.

Dicha figura es enviada a la supervisión cada mes, desde el área de planeación.

Se observa que la disponibilidad desde enero hasta setiembre se tiene un valor del 89%.

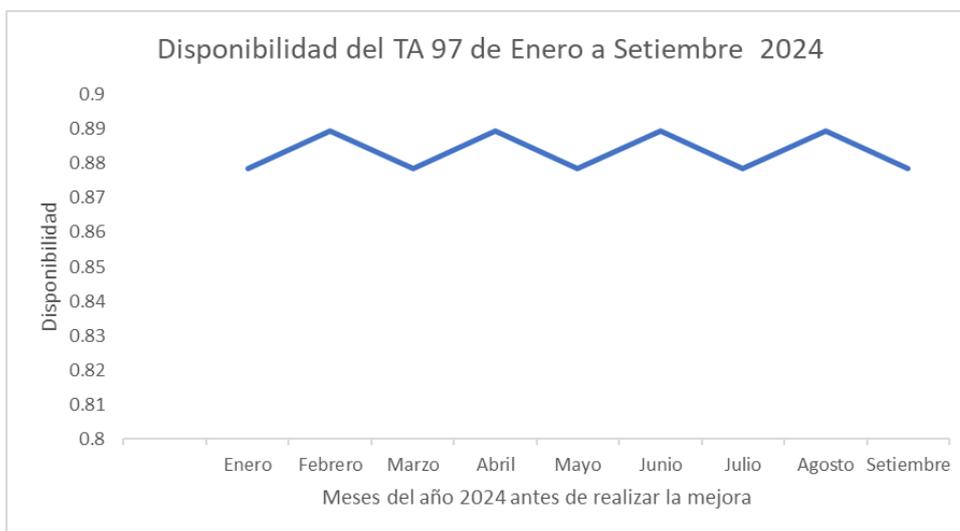


Figura 18. Disponibilidad de Enero a Setiembre del TA 97, año 2024. Adaptada de la tabla 4 y 5 proporcionada del programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

4.6.2 Recopilación de datos

Este trabajo se efectuó en colaboración con las cuatro guardias del taller; con reuniones por varios días, para comparar y actualizar los datos obtenidos.

La recopilación de datos fue:

- A través del programa de HxGN Mine Operate OP Pro.
- Del historial virtual que se tiene de cada equipo en el programa SAP.
- Del historial de libros en físico que se tiene de cada equipo.

4.6.3 Análisis de los datos:

Al analizar los datos obtenidos se observa que el mayor parte de las fallas existentes en el TA 97 son eléctricas; generando así más paradas no programadas en el equipo.

Luego se procedió a la clasificación de estas fallas en general, ya que depende del modo de falla, el tiempo que se demora en su reparación; ya que es más fácil reparar una fuga hidráulica o cambiar un repuesto mecánico malogrado, que realizar un diagnóstico eléctrico de un sistema en particular.

Este proceso se efectuó en el programa Excel y se agrupó en:

- Fallas eléctricas: En el programa de HxGN Mine Operate OP Pro, estas fallas tienen un código 1000.
- Fallas hidráulicas: En el programa de HxGN Mine Operate OP Pro, estas fallas tienen un código 2000.
- Fallas mecánicas: En el programa de HxGN Mine Operate OP Pro, estas fallas tienen un código 3000.
- Fallas de circunstancia operativa: En el programa de HxGN Mine Operate OP Pro, estas fallas tienen un código 4000. Cabe resaltar que esta falla se refiere cuando el operador daña el equipo por un acto o condición subestándar.

4.6.4 Identificar las causas

Una vez realizado el análisis de los datos, se encontró las causas principales que generan las paradas no programadas y por consecuencia la baja disponibilidad del equipo. A continuación, se mencionan estas causas:

- Pines eléctricos sulfatados de arneses de motor, transmisión, frenos y vims.
- Conectores eléctricos rotos de arneses de motor, transmisión, frenos y vims.
- Cables eléctricos aislados de arneses de motor, transmisión, frenos y vims.
- Cortocircuitos en los cables de arneses de motor, transmisión, frenos y vims.
- Falla de los sensores eléctricos de motor, transmisión, frenos y vims.
- Falla de los switches eléctricos de motor, transmisión, frenos y vims.
- Falla de los focos eléctricos de carretera del equipo.
- Fallas mecánicas e hidráulicas de los aspersores de regadío.
- Fugas hidráulicas externas de las mangueras hidráulicas del equipo.
- Falla externas e internas de las llaves de calefacción del equipo.

A continuación, se presentan figuras del estado de los cables eléctricos:



Figura 19. Estado de los cables en mal estado del TA 97. Tomada en el área de operaciones mina de Cuajone.2024, 30 Setiembre.

Identificar las consecuencias:

Una vez realizado el análisis de los datos, se encontraron las consecuencias principales que generan las paradas no programadas y por consecuencia la baja disponibilidad del equipo. Cabe resaltar que nuestra prioridad en este proyecto es mejorar el plan de mantenimiento y aumentar la disponibilidad de los tanques de regadío.

A continuación, se menciona las consecuencias de las paradas no programadas:

- Baja disponibilidad.
- Baja confiabilidad.
- Contaminación ambiental.
- Pérdidas económicas.
- Probabilidad de ocurrencia de accidentes.
- Incumplimiento de los mantenimientos programados.
- Estrés laboral del personal de mantenimiento.

4.6.5 Proponer soluciones

Una vez encontradas las principales causas y evaluar que el 80% de esas causas son eléctricas, es que se proponen las siguientes soluciones:

- Hacer una campaña de cambio de pines y conectores.
- Cambiar arneses pequeños y de fácil acceso.
- Reparar los arneses eléctricos cuando fallen.
- Ofrecer el servicio de reparación de las fallas eléctricas a las empresas contratistas.
- Incorporar el cambio de arneses eléctricos principales al plan de mantenimiento anual.

4.6.6 Elegir la solución óptima

Una vez analizados los datos y saber cuáles son las causas y consecuencias de las paradas no programadas de los tanques de regadío; tomamos la decisión de incorporar el cambio de arneses eléctricos principales del equipo al plan de mantenimiento anual.

4.6.7 Ejecutar la solución

Para la ejecución de la solución se realizaron los siguientes pasos:

- Listado del arnés de motor, transmisión, dirección y componentes eléctricos que están relacionados directamente (sensores, swithes y solenoides); como también sus soportes de anclaje.
- Coordinar con la jefatura la incorporación del cambio de los arneses eléctricos de acuerdo a sus horas de operación; ya que, en la actualidad, el cambio de estos arneses no se encuentra en el plan de mantenimiento anual.
- Esperar la aprobación de la gerencia de mantenimiento, la incorporación del cambio de los sistemas eléctricos por horas de operación.
- Monitorear el estado del pedido de los repuestos al área de almacén y logística; ya que el tiempo de llegada a la empresa varía por varias circunstancias.
- Realizar órdenes de trabajo programado para la instalación de los arneses eléctricos.
- Formar equipos de trabajo para ejecutar las órdenes de trabajo; ya que las cuatro guardias tendrán que participar en la ejecución del trabajo.
- Supervisar y colaborar en las pruebas y ajustes finales del cambio de arneses eléctricos.

4.6.8 Evaluar los resultados

Una vez terminado con la ejecución de la solución óptima, se monitorea diariamente las paradas no programadas de los tanques de regadío; ya que no debería presentarse problemas eléctricos. Tan solo se debe esperar fallas hidráulicas, neumáticas, mecánica y de circunstancias operativas.

En la siguiente figura se observa cómo es la mejora de la disponibilidad en los meses de octubre, noviembre y diciembre:

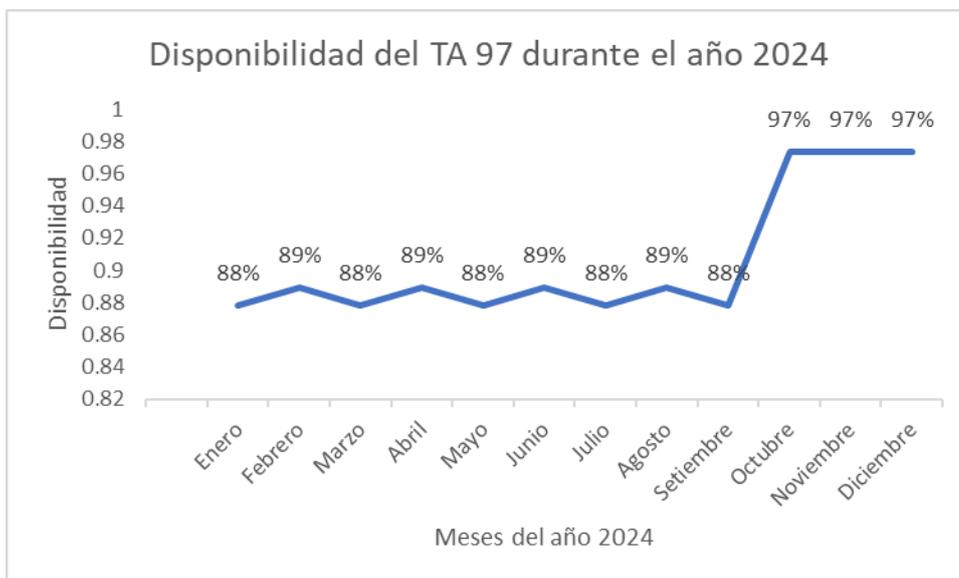


Figura 20. Disponibilidad del TA 97 durante el año 2024. Adaptada de la tabla 4 y 5 proporcionada del programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

4.6.9 Estandarizar la solución

Luego de evaluar los resultados, este proceso de mejorar la disponibilidad se puede realizar en los tanques de regadío TA 98. TA99 y TA90.

También se puede realizar este proyecto a los camiones de acarreo CAT 793D y a los camiones de remolque CAT 793C.

4.7 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

En primer lugar, se analizan los reportes diarios de trabajos realizados y pendientes de las guardias de día y de noche.

En segundo lugar, se generan OT no programadas, dependiendo del trabajo a realizar, ya que cada OT tiene un código SAP.

En tercer lugar, se gestiona el pedido de repuestos al área de almacén, previa aprobación de la jefatura del taller.

En cuarto lugar, se designa al grupo de trabajo para ejecutar la OT generada. El trabajo pueden realizarlo tanto en campo como en las bahías de mantenimiento.

En quinto lugar, se supervisa que el trabajo se realice cumpliendo las normas de seguridad que exige la empresa.

Finalmente, se realiza la entrega de operatividad de los equipos al área de operaciones mina; ya que ellos son los encargados de operar todos los equipos que están involucrados en la extracción del cobre y debe ser enviado tanto a concentradora como a lixiviación.

A continuación, se menciona las actividades desarrolladas por el bachiller en el proceso y secuencia operativa:

- Analizar reportes.
- Generar ordenes de trabajo.
- Gestionar pedidos.
- Designar a los grupos de trabajo.
- Supervisar los trabajos.
- Realizar la entrega del equipo operativo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Resultados finales de las actividades realizadas

Al incorporar el cambio de los sistemas eléctricos del motor, transmisión y frenos al plan anual de mantenimiento por las horas operativas registradas se tiene como resultado favorable el aumento de la disponibilidad del tanque de regadío TA 97; ya que se disminuye las paradas no programadas por motivos eléctricos. Esta disponibilidad actual de los meses finales del año 2024 es del 97%.

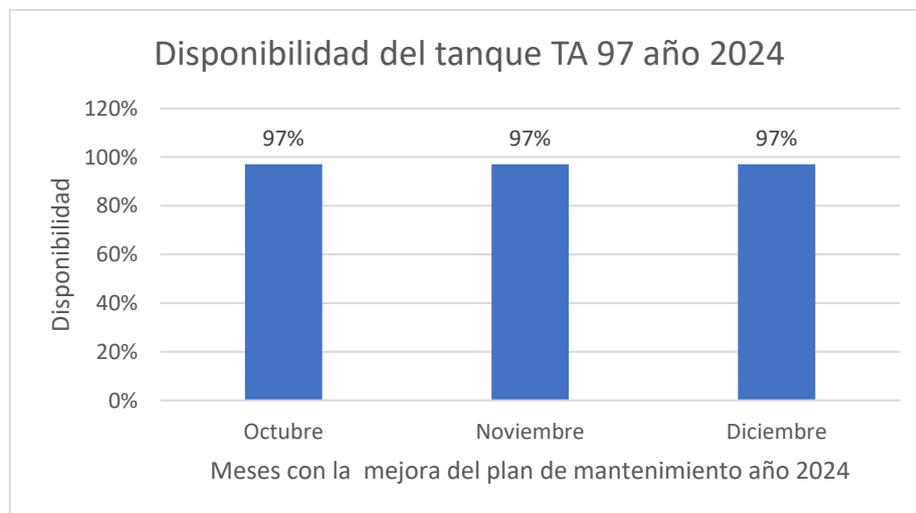


Figura 21. Disponibilidad final del TA 97 año 2024. Adaptada de la tabla 4 y 5 proporcionada del programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.

5.2 Logros alcanzados

Se logró disminuir las paradas no programadas mensualmente del tanque TA 97.

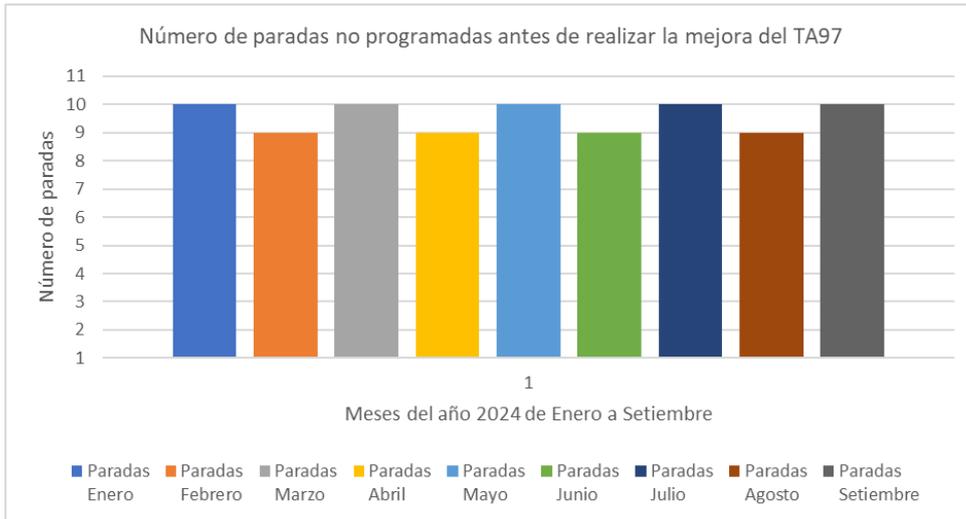


Figura 22. *Paradas no programadas antes de la mejora al TA 97 año 2024. Adaptada de la tabla 4 y 5 proporcionada del programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 30 de setiembre*

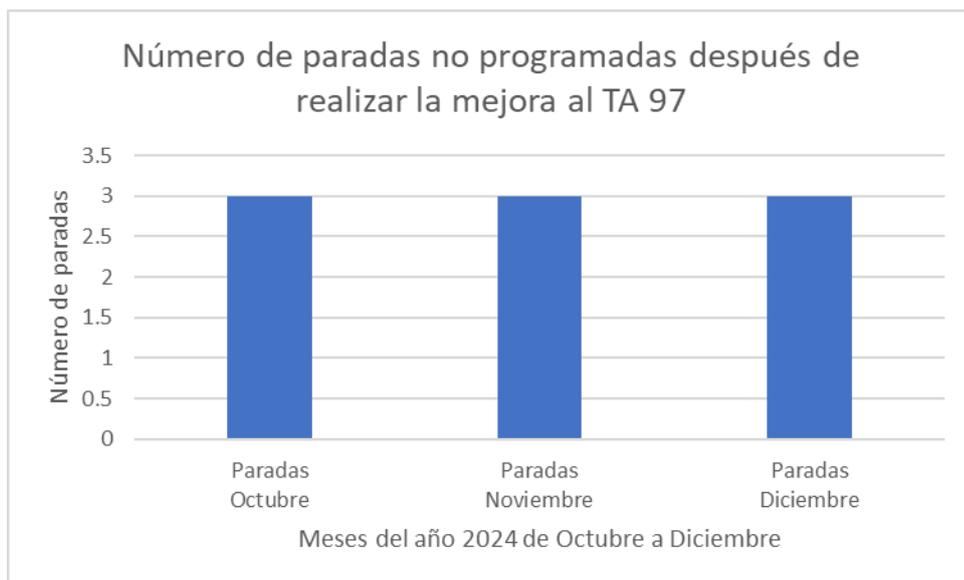


Figura 23. *Paradas no programadas después de realizar la mejora al TA año 2024. Adaptada de la tabla 4 y 5 proporcionada del programa HxGN Mine Operate OP Pro de la empresa SPCC. 2024, 31 de diciembre.*

También se logró:

- Aumentar la confiabilidad.
- Disminuir la contaminación ambiental.
- Disminuir las pérdidas económicas.

- Disminuir la probabilidad de ocurrencias de accidentes.
- Aumentar el cumplimiento de los mantenimientos.
- Disminuir el estrés laboral.

Finalmente, se incorporó el cambio de los arneses eléctricos al plan de mantenimiento y se realiza un mejor control de las horas de los componentes eléctricos instalados que tienen los tanques de regadío.

5.3 Dificultades encontradas

- Tiempo de llegada de los repuestos al área de almacén de SPCC, ya que los arneses tanto de motor, transmisión y frenos los fabrican y envían desde los Estados Unidos.
- Demora en la aprobación de la incorporación de los arneses eléctricos del TA 97 por parte de la Dirección General de Mantenimiento Mina Cuajone.
- Descuido del seguimiento de la ruta de envío de los repuestos por parte de la supervisión del taller; esto debido a una falta de comunicación efectiva con el área de almacén.
- Demora en el diagnóstico y solución de fallas eléctricas por parte del personal de mantenimiento de volquetes; esto debido a una falta de capacitación técnica al personal.
- Demora en la instalación de los arneses nuevos de motor, transmisión, frenos y VIMS; esto debido a una falta de capacitación de lectura de planos eléctricos al personal del taller.
- Retrasos de envío del equipo TA 97 al área del taller de volquetes, por presentar el equipo fallas mecánicas, hidráulicas, neumáticas, eléctricas o presentar daños al equipo por circunstancias operativas.
- Demora en los repuestos de anclaje para los sistemas eléctricos, como son los pernos de sujeción, las abrazaderas de diferentes tamaños y las gomas aislantes de tierra; ya que estos hay que pedirlos con varios meses de anticipación.

5.4 Planteamiento de mejoras

5.4.1 Metodologías propuestas:

- Se coordinó con la jefatura la capacitación anual a todo el personal del taller en sistemas eléctricos de camiones mineros Caterpillar 785 C.
- Se coordinó con almacén y logística el pedido de repuestos a corto, mediano y largo plazo, para implementar la mejora al demás tanques de regadío.

- Se realiza una comunicación efectiva constante con el área de almacén; con el fin saber cuál es el tiempo estimado de la llegada de repuestos.
- Se coordinó con los demás supervisores a realizar reportes claros para obtener datos reales y actualizados.
- Se propone incluir este proyecto a los demás equipos como son los camiones de acarreo CAT 793C, 793D, y los camiones de remolque CAT 793C.

5.4.2 Descripción de la implementación

Para realizar este proyecto se contó con el apoyo en la implementación del ciclo de mejora continua.

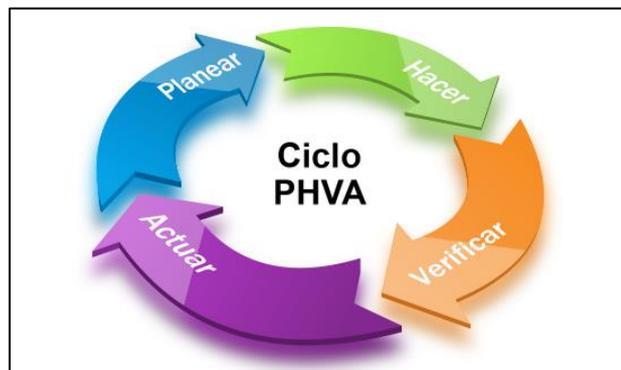


Figura 24. *Ciclo de Deming usado en la realización del proyecto. Tomada de: Cómo aplicar una estrategia de PHVA exitosa (2022, 8 marzo)*

A continuación, se menciona las cuatro etapas ya explicadas anteriormente relacionadas al ciclo de mejora continua:

a) Planificar: en esta etapa se realizó lo siguiente:

- Identificar el problema principal.
- Recopilación de datos.
- Análisis de los datos.
- Identificar las causas.
- Identificar las consecuencias.

b) Hacer: en esta etapa se realizó lo siguiente:

- Proponer soluciones.
- Elegir la solución óptima.

- Ejecutar la solución.
- c) Verificar: en esta etapa se realizó lo siguiente:
- Evaluar los resultados
- d) Actuar: en esta etapa se realizó lo siguiente:
- Estandarizar la solución

5.4.3 Análisis

Tomar decisiones como supervisor en el área de volquetes, tiene una gran importancia y responsabilidad para cumplir las metas y objetivos trazados en la gestión del mantenimiento; ya que cada día se presentan condiciones de trabajo diferentes.

Hacer cumplir las normas de seguridad y realizar trabajos de manera responsable y segura, es de vital importancia para la protección y cuidado de la salud de los trabajadores; ya que con ello se elimina las condiciones subestándares y se disminuye la probabilidad de accidentes e incidentes.

La comunicación efectiva tiene que darse con todo el personal que trabaja en la empresa; es decir, involucra a los obreros, empleados, funcionarios y empresas contratistas; con el fin de tener ideas claras y precisas y evitar pérdidas de tiempo en la gestión del mantenimiento.

Relacionarse con las demás jefaturas y supervisores del área de mantenimiento mina y operaciones mina, amplió mi visión sobre todo el proceso de gestión de mantenimiento que realizamos cada uno de nosotros; ya que todos tenemos el objetivo de cumplir nuestras metas y objetivos diariamente de manera responsable y segura.

5.4.4 Aporte del bachiller en la empresa

En la ejecución de este proyecto, el bachiller capacitó a todos los grupos de trabajo, en conocimientos eléctricos, mecánicos, neumático e hidráulicos; ya que algunos compañeros no sabían leer planos eléctricos, y el funcionamiento de los sensores y switches, tanto en sistemas mecánicos, neumáticos e hidráulicos.

Se llegó a tener una buena comunicación efectiva con las demás áreas de trabajo, como son: los contratistas que suministran repuestos, los del área de almacén y logística y especialmente con las jefaturas de todas las áreas que están involucradas en la gestión del mantenimiento.

El aporte del bachiller como supervisor en la ejecución del proyecto de mejorar el plan de mantenimiento del TA 97 fue dado en todas las etapas y fases del proyecto.

Como supervisores buscamos constantemente mejorar los procesos de mantenimiento.

Realizar una mejora continua al plan de mantenimiento de uno de los equipos que tiene la empresa, ayuda a reducir costos y optimizar la gestión del mantenimiento; donde gana la empresa como también los trabajadores.

CONCLUSIONES

Al ingresar los sistemas eléctricos del motor diésel, transmisión, frenos y VIMS del TA 97, al programa anual de mantenimiento preventivo, influye positivamente en la disponibilidad del equipo.

El desarrollo del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, influye positivamente en la disminución de la frecuencia de paradas no programadas del TA 97.

Se logró aumentar una disponibilidad de 89% y llegar a 97% en el tanque de regadío TA 97.

También se logra una mayor confiabilidad del TA 97, ya que se disminuye los números de paradas no programadas.

Se disminuye la contaminación ambiental específicamente al controlar el polvo que se genera en la mina.

Se disminuyen las pérdidas económicas, ya que cada vez que un equipo está malogrado no genera la utilización programada.

Se logra disminuir las probabilidades de accidentes; ya que hay garantía de buen funcionamiento de los sistemas que hay en el equipo TA97

Se logra cumplir los objetivos y metas trazados en la gestión del mantenimiento; ya que, al reducir las paradas no programadas, este equipo llega a tiempo normal de mantenimiento programado.

Finalmente, se logra disminuir el estrés laboral del personal, ya que no tienen que evaluar constantemente este equipo por fallas eléctricas.

RECOMENDACIONES

Capacitar de manera anual a todos los trabajadores del Área de Mantenimiento de Volquetes en cursos de sistemas y máquinas de los equipos con los que se trabaja.

Capacitar en el manejo de equipos livianos a todo el personal de Mantenimiento Mina, como por ejemplo en el manejo de puentes grúa, manejo defensivo de las camionetas y montacargas.

Capacitar en el manejo de equipos pesados a todo el personal del Taller de Volquetes de Mantenimiento Mina, como por ejemplo en el manejo de camiones Cat 785C, 785D, 793C, 793D y 797F, Komatsu 930 y 980, y en los cargadores grandes Komatsu 1850 y 2350

Seguir con las capacitaciones anuales de seguridad y salud ocupacional a todos los trabajadores de la empresa.

Implementar este proyecto a todos los tanques de regadío y equipos similares como son los camiones 793C y 793D.

Inducir a los demás supervisores la realización de mejoras continuas en los demás equipos.

Capacitar y actualizar a los supervisores en el uso de las herramientas administrativas que se usan en la gestión del mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

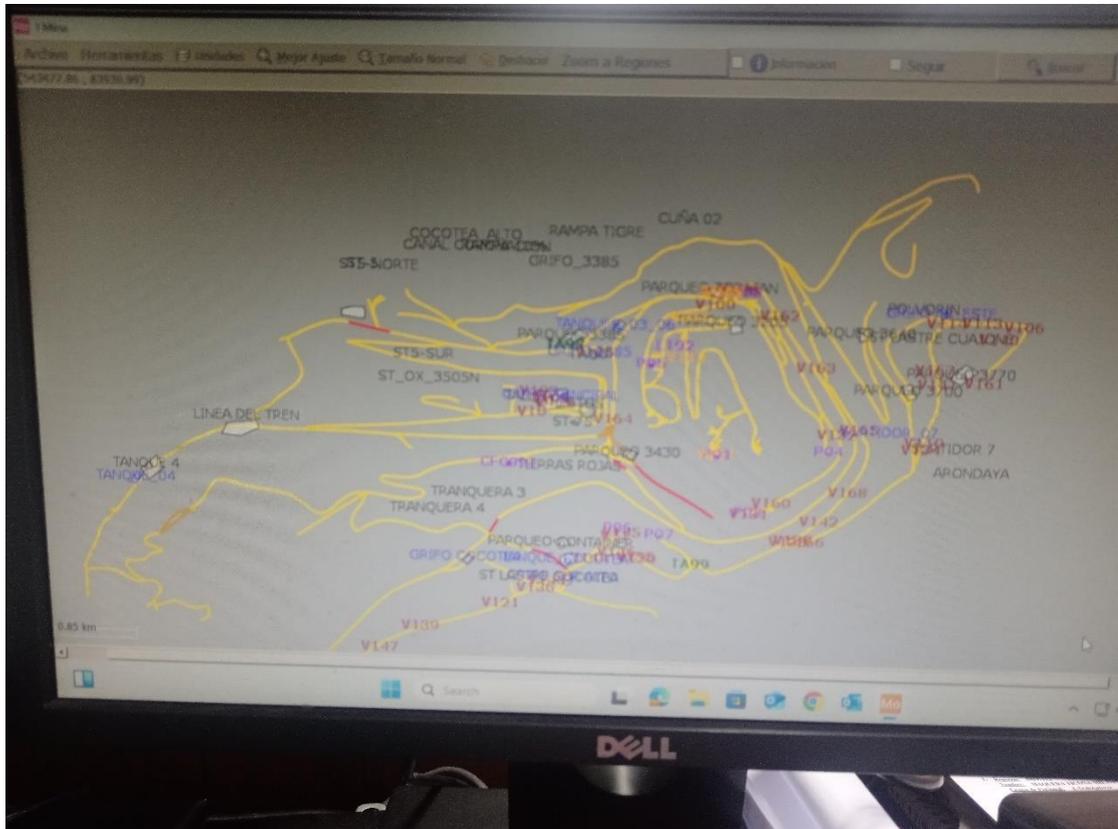
- ARDILA-MARIN, J., et al. La Gerencia del Mantenimiento: Una Revisión. *Dimensión Empresarial* [en línea]. Abril, 2016, 14(2), 127-142 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. ISSN: 16928563. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/docview/2437131015/4C6D0F8DDD954F6FPQ/1?accountid=146219&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- BARRENECHEA-ELORRIETA, A. El Sector de Montajes y Mantenimiento Industrial. El Reto de la Globalización. *Boletín De Estudios Económicos* [en línea]. Diciembre, 2027, 62(192), 511-539 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. ISSN: 00066249. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/docview/1348830608/4EDB0F893D8145A1PQ/1?accountid=146219&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- CÁRCEL-CARRASCO, F. Características de los Sistemas TPM y RCM en la Ingeniería del Mantenimiento. *3C Tecnología* [en línea]. Setiembre, 2016, 5(3), 68-75 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. ISSN: 22544143. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/results/EA00E0373EE8405DPQ/1?accountid=146219>
- REPOSITORIO Institucional de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Productividad y Competitividad. 2012 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- GONZÁLEZ, D. y MAGO, M. Plan de mantenimiento preventivo de equipos SKF latín Trade SAS. *Revista Dina* [en línea]. Julio-setiembre, 2024, 91(233), 28-34 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. ISSN: 00127353. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/results/7F68E262EC9241EAPQ/1?accountid=146219>
- PRIMERO-D, F., et al. Manual para la Gestión del Mantenimiento Correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili. *Revista Colombiana de Ingeniería Biomédica* [en línea]. Julio-diciembre, 2015, 9(18),81-87 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024] ISSN: 19099762. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/docview/1723665020/abstract/2E6479D53B724679PQ/1?accountid=146219&sourcetype=Scholarly%20Journals>

- VIDAURRE-JHON., et al. Aumento de disponibilidad en equipos de una empresa de polímeros enfocado en el método RCM. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información [en línea]. Agosto,2022, E (52), 148-160 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024] ISSN: 16469895. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/docview/2758392122/90E6B80B3FB143EEPQ/1?accountid=146219&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- VIVEROS-PABLO., et al. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Revista Chilena De Ingeniería [en línea]. Junio-noviembre 2013. 21(1), 125-138 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. ISSN: 07183291. Disponible en: <https://www.proquest.continental.elogim.com/docview/1367082676/fulltext/7E5BE34E28FF486BPQ/2?accountid=146219&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- SOUTHERN Copper Corporation. Historia de SPCC. 2025 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://southerncoppercorp.com/historia/>
- SOUTHERN Copper Corporation. Estructura corporativa de SPCC. 2025 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://southerncoppercorp.com/estructura-corporativa/>
- REDACCIÓN PROACTIVO. Figura del campamento minero Toquepala. Revista ProActivo [en línea]. Mayo, 2015. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://proactivo.com.pe/southern-peru-toquepala-se-convierte-en-la-primera-minera-inteligente-del-peru-apta-para-tecnologia-5g/>
- REDACCIÓN MINERÍA Y ENERGÍA. Figura del campamento minero Cuajone. Revista Minería y Energía [en línea]. Marzo, 2022. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://mineriaenergia.com/presidente-de-southern-peru-sobre-mina-cuajone-gobierno-central-no-ha-tomado-acciones/>
- REDACCIÓN TRANSPORTE SOSTENIBLE. Figura de la fundición de refinería de Ilo. Revista Transporte Sostenible [en línea]. Marzo, 2024. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://transportesostenible.com.pe/southern-peru-invertira-us62-3-millones-para-usar-gas-natural-en-su-fundicion-en-ilo/>
- REDACCIÓN DHARMACON. Figura del ciclo Deming aplicado en el proyecto. Revista Dharmacon.net [en línea]. Octubre, 2023. [fecha de consulta: 10 de diciembre de

2024]. Disponible en: <https://dharmacon.net/2023/10/18/mejora-continua-con-phva-un-ciclo-iterativo-para-la-excelencia-en-proyectos/>

ANEXOS

Anexo 01. Programa HxGN Mine Pro OP Pro usado en la empresa.



Anexo 02. Arnés eléctrico saliente del motor diésel del TA 97



Anexo 03. Arnases eléctricos de la transmisión, frenos y VIMS.



Anexo 04. Fachada del taller de volquetes en la mina Cuajone.



Anexo 05. Arnesees eléctricos nuevos del sistema VIMS del TA 97.



Anexo 06. Arnés eléctrico nuevo del motor diésel del TA 97.



Anexo 07. Arnés eléctrico nuevo de la transmisión del TA 97.



Anexo 08. Arnés eléctrico nuevo del sistema de frenos del TA 97.



Anexo 09. Arnés eléctrico del sistema de frenos del TA 97.

