

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

Implementación del sistema *ground fault y ground check* 440VAC en equipos de perforación hidráulica Simba en mina Tambomayo-Arequipa

Lucio Fredy Huaynapata Cayllahua

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : 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:

Implementación del sistema Ground Fault y Ground Check 440VAC en equipos de perforación hidráulica Simba en Mina Tambomayo - Arequipa

Autor:

Lucio Fredy Huaynapata Cayllahua – 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 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 10 palabras
- 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.

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 Dios, por permitirme vivir y estar en este mundo, para obrar con las buenas acciones en lo material y emocional con mi prójimo y también agradezco por darme la mejor familia que hoy tengo, gracias a esa bendición de nuestro creador hoy sigo creciendo como persona y profesionalmente. En segundo lugar, quiero agradecer también a mi querida esposa, por estar ahí a mi lado junto a mis 02 hijos, por el apoyo incondicional que me brindaron en esta etapa de mi vida para culminar mis estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado para mis queridos padres, gracias al esfuerzo que ellos dieron en su momento para llevar a sus hijos de una zona rural a la zona urbana, con la intención de darnos una calidad de vida y de tener otras oportunidades de crecimiento en la vida. Mamá, hoy estoy cumpliendo una meta más trazada, gracias por las palabras y consejos que me brindaste en vida, hoy te encuentras e lado de nuestro señor Jesucristo, te pido que siempre me cuides y guíes mis pasos para seguir creciendo como persona y de seguir alcanzando más metas trazadas.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN	1
1.1 Datos generales de la institución.....	1
1.2 Actividades principales de la institución y/o empresa	1
1.3 Reseña histórica de la institución y/o empresa	3
1.3.1 Fundación.....	3
1.3.2 Crecimiento sostenible y modernización.	3
1.3.3 Consortio y proyecto	4
1.3.4 Compromiso social y ambiental.....	4
1.4 Visión y misión	2
1.4.1 Visión.....	2
1.4.2 Misión	2
1.4.3 Valores de la empresa	2
1.5 Bases legales o documentos administrativos	2
1.6 Descripción del área de donde realiza sus actividades profesionales	4
1.7 Descripción de cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución y/o empresa	5
CAPÍTULO II	8
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	8
2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional	8
2.2 Historia de la empresa minera.....	10
2.3 Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	12
2.4 Objetivos de la actividad profesional.....	13
2.4.1 Objetivo general.....	14
2.4.2 Objetivos específicos	14

2.5	Justificación de la actividad profesional	14
2.5.1	Justificación práctica.....	14
2.5.2	Justificación metodológica.....	14
2.6	Resultados esperados	14
CAPÍTULO III.....		15
MARCO TEÓRICO.....		15
3.1	Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	15
3.1.1	Antecedentes	15
3.1.2	Definición de equipo Simba.....	17
3.1.3	Ground Fault (falla a tierra)	34
3.1.4	Ground Check (verificación a tierra):	34
3.1.5	Componentes y funcionamiento.....	35
CAPÍTULO IV		37
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES		37
4.1	Descripción de actividades profesionales	37
4.1.1	Enfoque de las actividades profesionales.....	39
4.1.2	Alcance de las actividades profesionales	40
4.1.3	Entregables de las actividades profesionales	41
4.2	Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	42
4.2.1	Metodologías empleadas en la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check 440VAC en equipos de perforación hidráulica Simba en mina Tambomayo – Arequipa	42
4.2.2	Técnicas	45
4.3	Ejecución de las actividades profesionales	52
4.3.1	Cronograma de actividades realizadas	52
4.3.2	Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	55
4.3.3	Costos generados en el proyecto ejecutado.....	58
CAPÍTULO V.....		61
RESULTADOS.....		61
5.1	Resultados	61
5.2	Resultados finales de las actividades realizadas	63
5.3	Logros alcanzados.....	64
5.4	Dificultades encontradas.....	65
5.5	Planteamiento de mejoras	66
5.6	Análisis	66
5.7	Aporte del bachiller en la empresa y/o institución.....	67
CONCLUSIONES		68

RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Documentos administrativos que cuenta la empresa.	3
Tabla 2.	Diagnóstico de la mina Tambomayo.	8
Tabla 3.	Respuesta a la matriz FODA de acuerdo con las estrategias.	9
Tabla 4.	Datos técnicos del equipo simba S7D.	18
Tabla 5.	Costos generados en el proyecto.	58
Tabla 6.	Beneficios de la inversión.	59
Tabla 7.	Costos en el cambio de componentes eléctricos.	59
Tabla 8.	Multas.	60
Tabla 9.	Influencia de la implementación de tableros eléctricos	61
Tabla 10.	Cronograma.	62
Tabla 11.	Planificación de capacitaciones.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Vista geográfica mina Tambomayo.	1
Figura 2.	Mina Tambomayo.	3
Figura 3.	Organigrama.	1
Figura 4.	Unidad minera Tambomayo.....	5
Figura 5.	Taller de mantenimiento.	5
Figura 6.	Tableros tradicionales.	11
Figura 7.	Conector Unipolares.	11
Figura 8.	Tablero Ground Fault y Ground Check.	12
Figura 9.	Conectores Pentapolares.	12
Figura 10.	Equipo Simba.	17
Figura 11.	Componentes principales del equipo Simba	19
Figura 12.	Sistemas de control del Simba	21
Figura 13.	Diagrama eléctrico del equipo Simba	28
Figura 14.	Diagrama hidráulico.....	33
Figura 15.	Backlog.	39
Figura 16.	Tablero de vistas	43
Figura 17.	Tablero de protección.....	44
Figura 18.	Megometro.	47
Figura 19.	Indicador campo rotativo.	47
Figura 20.	Pinza Amperimétrica.....	48
Figura 21.	Tablero Ground Fault y Ground Check.	49
Figura 22.	Conectores pentapolares	49
Figura 23.	Diodo Zener.	50
Figura 24.	Relé.	50
Figura 25.	Contactos auxiliares.	51
Figura 26.	Terminal eléctrico.	52
Figura 27.	Cronograma de actividades.....	54

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal de este proyecto profesional es instalar un sistema de monitoreo de falla a tierra y comprobación de tierra en las máquinas de perforación hidráulica Simba en la Mina Tambomayo. La idea surge para reducir los peligros eléctricos en la mina y asegurar la protección de los trabajadores y el correcto desempeño de las máquinas. Mediante un análisis centrado en la Ingeniería Industrial, se detectaron los problemas clave vinculados al sistema eléctrico, como aquellos derivados de corrientes escapadas, desgaste de conexiones y peligros de contacto directo. Para abordar estos desafíos, se introdujeron elementos técnicos específicos, como relés y conectores pentapolares, junto con la implementación de métodos avanzados de vigilancia y gestión. Los datos conseguidos resaltan una disminución del 99% en los peligros eléctricos, una optimización en el desempeño de los aparatos y una reducción en los gastos ligados a la reparación reactiva. También, se consiguió enseñar al equipo técnico y de operaciones, garantizando la perdurabilidad del sistema implementado. La iniciativa constituye un aporte sustancial no sólo para la mina Tambomayo, sino para la industria minera en su conjunto, al mostrar cómo los avances tecnológicos y una gestión eficaz pueden convertir problemas complejos en oportunidades de crecimiento y progreso sostenible.

Palabras clave: seguridad, equipo simba, Tambomayo, mantenimiento, gestión.

ABSTRACT

The main objective of this professional project is to install a ground fault monitoring and ground testing system on the Simba hydraulic drilling machines at the Tambomayo Mine. The idea arose to reduce electrical hazards at the mine and ensure worker protection and proper machine performance. Through an analysis focused on Industrial Engineering, key problems associated with the electrical system were identified, such as those arising from stray currents, connection wear, and direct contact hazards. To address these challenges, specific technical elements, such as relays and five-pole connectors, were introduced, along with the implementation of advanced monitoring and management methods. The data obtained highlights a 99% reduction in electrical hazards, optimized equipment performance, and a reduction in expenses associated with reactive repairs. Training was also provided to the technical and operations teams, ensuring the longevity of the implemented system. The initiative represents a substantial contribution not only to the Tambomayo mine, but to the mining industry as a whole, by demonstrating how technological advances and effective management can turn complex problems into opportunities for growth and sustainable progress.

Keywords: safety, Simba equipment, Tambomayo, maintenance, management.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de suficiencia profesional que se presenta se enfoca en la implementación del sistema de protección eléctrica Ground Fault y Ground Check en equipos de perforación hidráulica Simba, operativos en la Mina Tambomayo, ubicada en Arequipa, Perú. Este proyecto conlleva un desafío crítico en la operación minera: garantizar la seguridad de los operadores y la eficiencia de los equipos eléctricos bajo condiciones extremas de trabajo.

La industria minera, es un eje fundamental de la economía peruana, enfrenta constantemente riesgos eléctricos asociados al uso intensivo de maquinaria en ambientes adversos. Ante esta situación, la implementación de sistemas de protección avanzados no solo mejora la seguridad, sino que también optimiza la disponibilidad operativa de los activos y reduce los costos consecuentes de fallas.

El trabajo combina un enfoque práctico, basado en la experiencia del bachiller, con un análisis teórico que emplea herramientas y metodologías propias de la Ingeniería Industrial. El proyecto no solo busca resolver un problema técnico específico, sino también contribuir al desarrollo de mejores prácticas en el área de mantenimiento y gestión de activos dentro del sector minero.

Los resultados obtenidos evidencian mejoras significativas en la seguridad eléctrica, la reducción de fallas operativas y un incremento en la confiabilidad de los equipos de perforación. El documento detalla las actividades realizadas, las técnicas empleadas, los retos enfrentados y los logros alcanzados, destacando el impacto positivo que puede tener la Ingeniería Industrial en la resolución de problemas complejos y en la optimización de procesos.

Con esta contribución se espera no solo mejorar las condiciones de trabajo y operación en la Mina Tambomayo, sino también establecer un precedente de innovación y excelencia que pueda ser replicado en otras unidades mineras del país y la región.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN

1.1 Datos generales de la institución

La Unidad Minera de Tambomayo es una unidad de operación subterránea de oro y plata de alta ley y está ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Caylloma, del distrito de Tapay, como se muestra en el mapa geográfico.

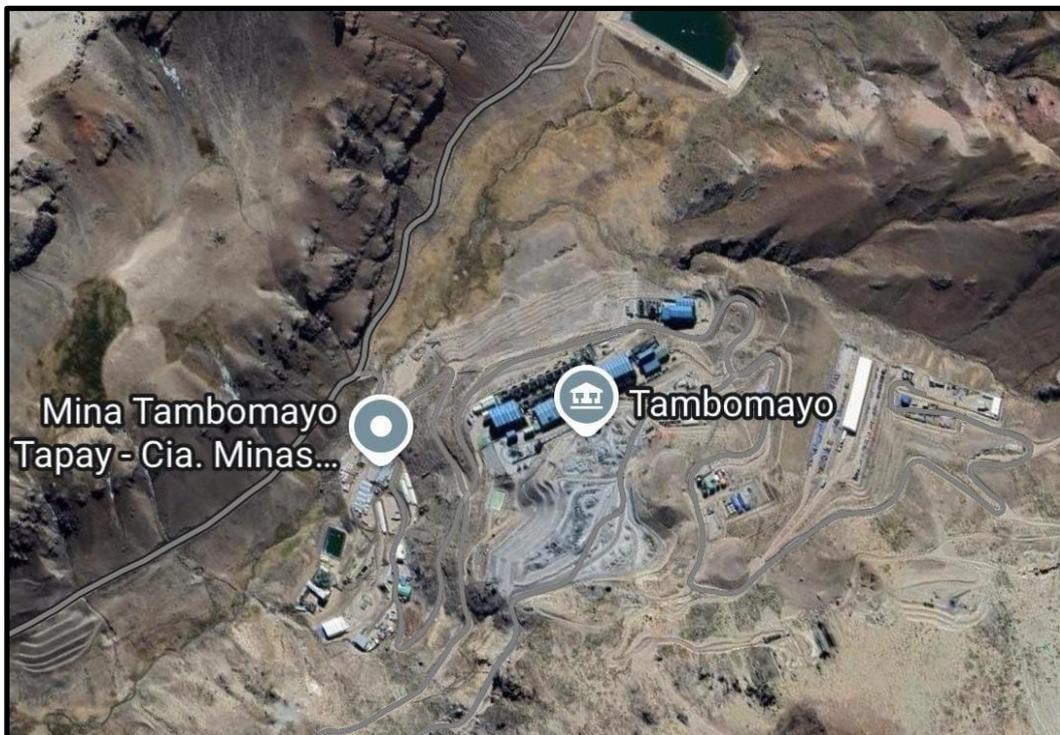


Figura 1. Vista geográfica mina Tambomayo.

1.2 Actividades principales de la institución y/o empresa

La Mina Tambomayo maneja grandes estándares de seguridad, y está dedicada al rubro de la minería, realizando la exploración, explotación de metales preciosos y procesamiento de concentrado de cobre, plata, plomo y zinc y el proceso de refinación del oro, cuenta con empresas especializadas en la transformación de mineral en lingotes de oro de alta pureza, donde se detalla las principales actividades de la empresa:

Desarrollar proyectos:

Una vez que se identifica un depósito económicamente viable, la empresa se involucra en el desarrollo del proyecto minero, lo que incluye la planificación y construcción de infraestructuras necesarias como caminos, plantas de procesamiento e instalaciones de soporte.

Exploración minera:

La mina Tambomayo realiza estudios geológicos y geofísicos para identificar y evaluar nuevos depósitos minerales. Esto incluye la perforación y el muestreo para determinar la viabilidad de las áreas exploradas.

La extracción de minerales:

La principal actividad de la mina Tambomayo, es la extracción de minerales, que incluyen métodos de extracción subterránea mediante equipos pesados de bajo perfil como jumbo, simba, Scooptram, finalmente su traslado de mineral a planta de procesos, mediante los volquetes, dependiendo de la naturaleza del yacimiento minero.

Procesamiento de minerales:

Los minerales extraídos son sometidos a procesos de concentración y separación para obtener el producto final. Esto puede incluir la molienda, flotación, lixiviación y fundición, dependiendo del tipo de mineral.

Comercialización:

Una vez procesados, los metales y concentrados son vendidos a mercados locales e internacionales. La empresa establece contratos de venta y alianzas estratégicas con distintas empresas importantes.

La unidad minera de Tambomayo es una de las minas que tiene mayor producción de oro y plata, en el primer trimestre del 2024 produjo 9,124 onzas de oro; 1,028 toneladas métricas de plomo; 329.066 onzas de plata; y 1,335 toneladas métricas de zinc. Tiene un papel significativo en nuestra economía peruana, proporcionando empleo y contribuyendo al desarrollo y la infraestructura y la inversión en las diversas regiones, provincias, distritos y sus comunidades locales para fomentar un desarrollo justo y sostenible. donde se tiene minas en operación y otras en proyecto, esto puede incluir proyectos de educación, salud y desarrollo económico.

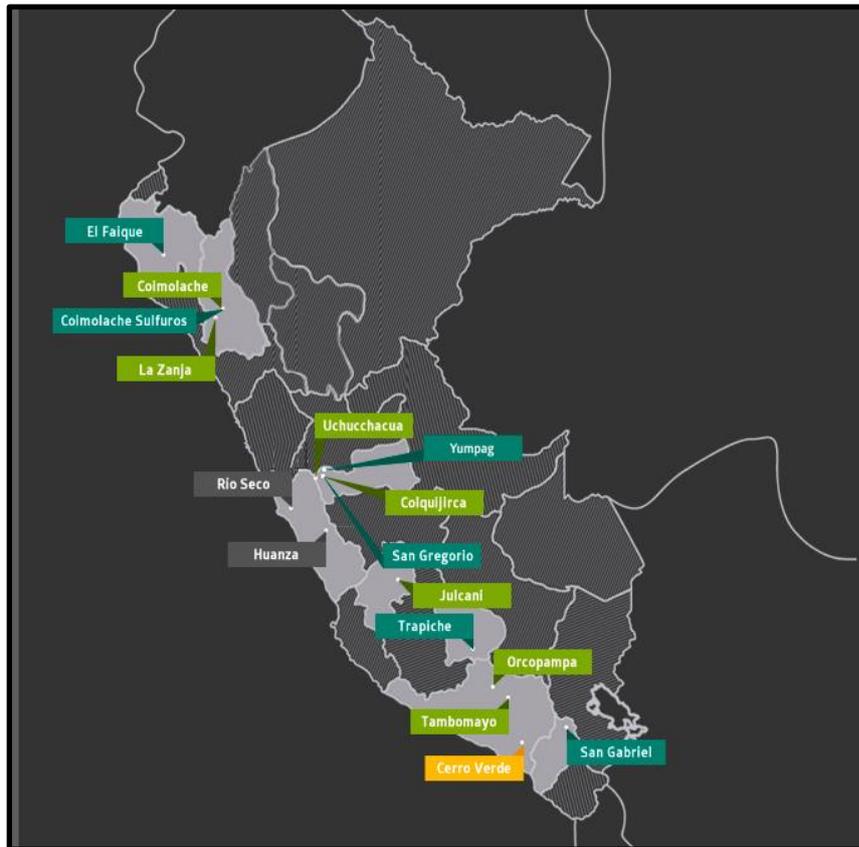


Figura 2. *Mina Tambomayo.*

1.3 Reseña histórica de la institución y/o empresa

La mina Tambomayo, es una de las empresas mineras más importantes en Perú, y tiene una historia rica y significativa que refleja el desarrollo del sector minero en el país.

1.3.1 Fundación

La mina Tambomayo empezó sus operaciones en el año 2016, impulsada por la alta demanda de minerales, especialmente de oro y plata, y está ubicada en la región de Arequipa, de la provincia de Caylloma, distrito de Tapay y está ubicada en NV. 4740 m.s.n.m. Desde entonces la mina fue el eje fundamental en los inicios de la compañía.

1.3.2 Crecimiento sostenible y modernización.

La mina Tambomayo enfrentó muchos desafíos debido a la crisis económica de Perú, pero logró recuperarse y modernizar sus operaciones. La empresa invirtió en tecnologías para ser más eficiente, buscando siempre un equilibrio entre la productividad y el cuidado del medio ambiente, para seguir expandiendo sus operaciones.

1.3.3 Consorcio y proyecto

A lo largo de estos años de arduo trabajo, la compañía ha formado consorcio con otras grandes empresas mineras para el desarrollo y avance en mina, lo que le permitió abordar grandes proyectos. Estas colaboraciones han sido fundamentales para la exploración y desarrollo de operaciones a gran escala, posicionando a esta compañía como un actor clave en el sector minero a nivel mundial.

1.3.4 Compromiso social y ambiental

En los últimos años, la mina Tambomayo ha intensificado su enfoque en la responsabilidad social y la sostenibilidad del medio ambiente. La empresa implementa programas para el desarrollo de las comunidades cercanas a sus proyectos y operaciones, estableciendo políticas para mitigar el impacto ambiental de la minería.

Situación actual

En la actualidad, la mina Tambomayo sigue siendo un pilar en la economía peruana, es uno de los principales productores de metales preciosos como la plata y el oro. Continúa explorando nuevas oportunidades y desafíos en un contexto global que busca un equilibrio entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental.

Organigrama de área de Mantenimiento mina Tambomayo

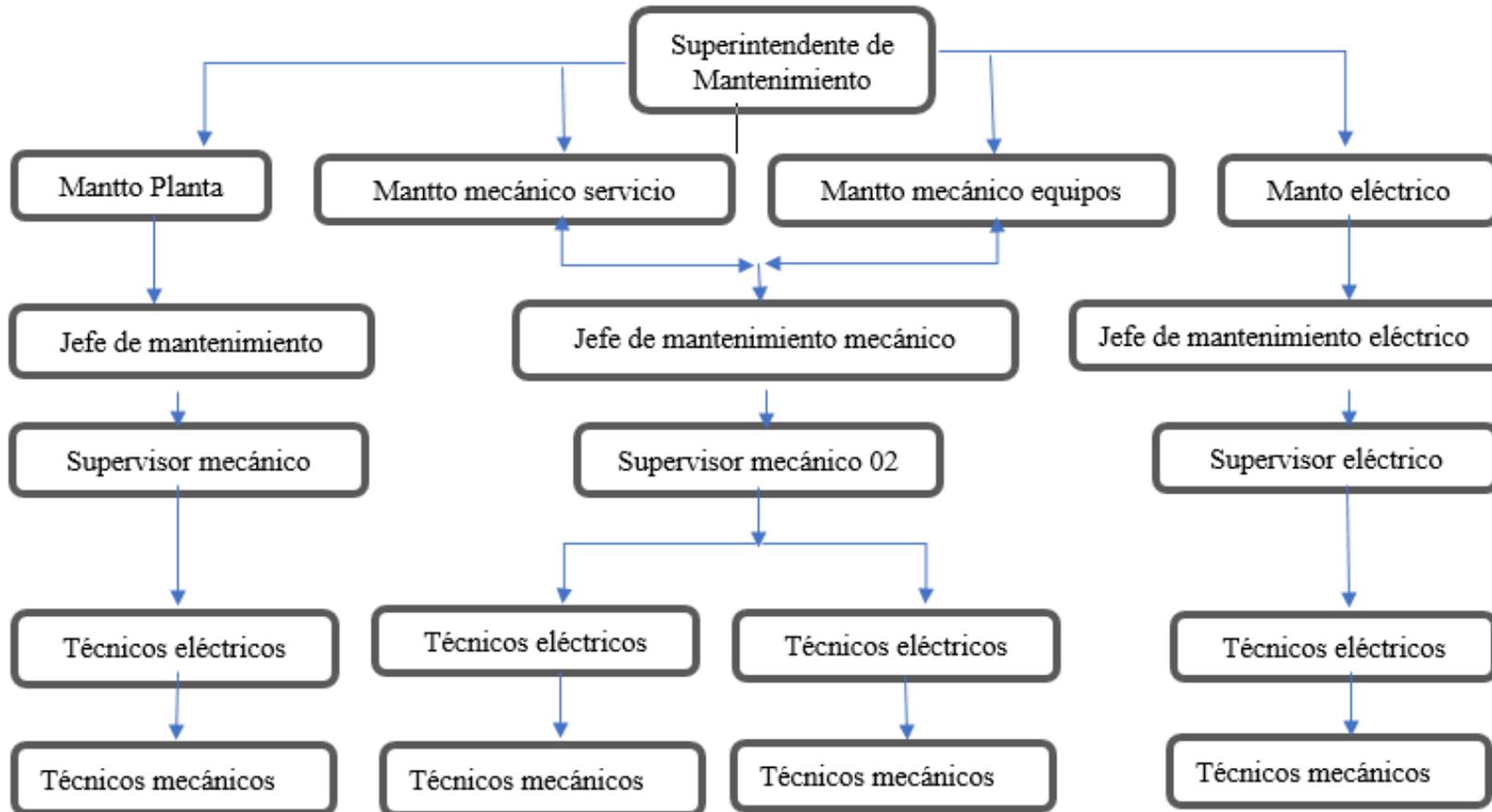


Figura 3. Organigrama.

1.4 Visión y misión

1.4.1 Visión

Desarrollar recursos minerales generando el valor posible a la sociedad.

1.4.2 Misión

- Ser el operador de elección y de mayor aceptación para las comunidades, las autoridades y la opinión pública en general.
- Generar la más alta valoración de la compañía ante todo sus públicos de interés.

1.4.3 Valores de la empresa

- Seguridad: es un valor central que promueve el respeto a la vida de nuestros colaboradores y que está presente en todos nuestros procesos, operaciones y actividades.
- Honestidad: actuamos de manera recta y proba, sin mentir, engañar u omitir la verdad.
- Laboriosidad: sentimos pasión por nuestro trabajo; damos lo mejor de nosotros y actuamos de manera eficiente, segura y responsable.
- Lealtad: estamos comprometidos con nuestra empresa, misión, visión y valores. Somos parte de un mismo equipo.
- Respeto: demostramos consideración y trato cortés hacia las personas, sus ideas, su cultura y sus derechos.
- Transparencia: nuestras comunicaciones y actos son veraces, claros, oportunos y sin ambigüedad.

1.5 Bases legales o documentos administrativos

Normas legales nacionales:

- Reglamento de seguridad y salud ocupacional DS 024 – 2016-EM y su modificatoria.
- Normativas supra sectoriales – Reglamento de la ley 29783 (DS 005-20122- TR) y su modificatoria RM 050-2013-TR, Anexos.
- Otras normativas- DS 011 – 2019 – TR Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo Sector construcción RM 111- 2013 – MEM/DM, Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo con electricidad.

Normas legales internacionales:

- ISO 14001 Sistema de gestión ambiental.
- ISO 9001 Sistema de gestión de calidad.
- ISO 45001 Sistema de gestión de seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 1. Documentos administrativos que cuenta la empresa.

DOCUMENTOS	PERIODO DE RETENCIÓN
Actas de comité de seguridad y salud en el trabajo	10 años
Aprobación de compras de materiales peligrosos	10 años
Auditoría y fiscalizaciones	20 años
Autorización de polvorines	10 años
Autorización interna de manipulación de explosivos	2 años
Calibración de equipos	2 años
Declaración de impacto ambiental	Tiempo de vigencia
Registro de entrega de EPPS	Permanente
Estudio de impacto ambiental	Permanente
Estudio de impacto ambiental semi detallado	Tiempo de vigencia
Historia médica	Permanente
Informe de investigación de accidentes y incidentes de seguridad y salud ocupacional y medio ambiente	Permanente
IPERC	Permanente
Cuaderno de operación segura	6 meses
Manifiesto de residuos peligrosos	5 años
Medición de higiene industrial	Permanente
Multas y apelaciones	Permanente
PETAR	6 meses
Inspección pre uso	1 mes
Plan de cierre/ cierres pasivos mineros	Permanente
Registro de asistencia	5 años
Registro de acto y condiciones	1 año
Reporte de monitoreo	Permanente

1.6 Descripción del área de donde realiza sus actividades profesionales

El trabajo se efectúa en la mina Tambomayo, en el distrito de Tapay, provincia de Caylloma, región Arequipa.

El mantenimiento general está conformado por 78 colaboradores y está liderado por un ingeniero mecánico, con el cargo de superintendente de mantenimiento, y está dividido en cuatro áreas.

- Área de Mantenimiento Planta: está conformado con 30 colaboradores a cargo de un ingeniero mecánico, con el cargo de jefe de Mantenimiento Mecánico, a su mando del personal técnico, mecánicos y eléctricos e instrumentistas que dan soporte en los trabajos de reparación por falla de los equipos en operación y mantener la disponibilidad de los activos.
- Área de Mantenimiento Eléctrico: está conformado por 14 colaboradores a cargo de un ingeniero eléctrico, donde se realizan trabajos de mantenimiento de los tableros eléctricos y cambio de componentes deteriorados, tendido de cable de media tensión y baja tensión y cables de comunicación para radios.
- Área de Mantenimiento Mecánico de Servicios: está conformado por 12 colaboradores a cargo de un ingeniero mecánico, para realizar los siguientes trabajos, mantenimiento de ventiladores y bombas de agua y trabajos de soldadura entre otros.
- Área de Mantenimiento Mecánico de Equipos: está conformado por 22 colaboradores a cargo de un ingeniero mecánico, para realizar trabajos de mantenimientos preventivo, correctivos predictivos de los equipos pesados de interior mina y superficie.

Gracias al estudio de la Ingeniería Industrial, el bachiller se desempeña en el área de mantenimiento mecánico de equipos, como personal de apoyo en la gestión de mantenimiento, en la unidad minera de Tambomayo, con un sistema de 14X7 y está conformado por tres guardias de jornada de trabajo y está situado a NV. 4740 m.s.n.m. donde se tiene un taller exclusivo para mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los equipos y oficinas de administración para realizar los requerimientos de repuestos y gestiones administrativas en el área de mantenimiento.



Figura 4. *Unidad minera Tambomayo.*



Figura 5. *Taller de mantenimiento.*

1.7 Descripción de cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución y/o empresa

Actualmente el bachiller labora en el Área de Mantenimiento Mecánico de Equipos, como personal de apoyo en la gestión de mantenimiento, cumpliendo las siguientes responsabilidades en la zona de trabajo en los dos últimos años.

Actividad 1:

Supervisar en el área de trabajo al personal en el cumplimiento de llenado de herramienta de gestión y uso correcto de EPPS del personal.

Controlar que el personal de mantenimiento, cumpla con las inspecciones del área de trabajo y hacer seguimiento al personal en la utilización de los implementos de seguridad para cada tipo de trabajo, además en el correcto llenado de herramientas de gestión (IPERC) para cada trabajo y verificar que bloqueen el equipo antes de intervenir para prevenir los accidentes o incidentes, ya sea por mantenimiento o por falla mecánica, realizar reportes al jefe inmediato sobre los trabajos realizados en la jornada laboral.

Actividad 2:

Realizar backlog (requerimiento de repuestos) para la reposición de repuestos mecánicos y eléctricos.

Gestionar el registro de repuestos con números de parte según catálogo de equipo, para la reposición de los repuestos utilizados en una reparación de un equipo, por vida útil del componente, por falla prematuro de repuestos o por mala operación, se realizan estos documentos con la finalidad de dar un buen soporte a la disponibilidad del equipo, estos registros de repuestos se realizan a menudo, porque demanda una alta rotación de repuestos por sistemas mecánicos y eléctricos en los equipos de mina; el trabajo se realiza 2 a 3 veces por semana, por la cantidad de equipos que maneja el Área de Mantenimiento y hacer seguimiento al requerimiento de dichos repuestos, para observar si fueron aprobados por la gerencia, y cuándo estarán en la unidad Tambomayo, para disponer si presentara una falla los equipos.

Actividad 3:

Realizar programas para el mantenimiento de equipos mina.

Gestionar programa de mantenimiento de los equipos mina según por horas de trabajo en los equipos scooptram, Jumbo, Simba, cargador frontal, telehandlers, que concierne al mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, se entrega el programa de mantenimiento al jefe inmediato para su revisión y aprobación, para luego entregar dicho programa firmado al jefe de operaciones para su cumplimiento.

Actividad 4:

Realizar requerimiento de insumos y repuestos para cada mantenimiento.

En esta actividad se realiza la gestión documentaria para solicitar la liberación de repuestos e insumos del almacén general para su traslado al área de mantenimiento, y hacer el seguimiento del proceso de retiro de los componentes del almacén general, para no generar horas muertas en el mantenimiento programado, se entregan los repuestos al personal encargado de mantenimiento, para que realice el cambio de dichos componentes o insumos y hacer seguimiento en el cumplimiento de los trabajo encomendados.

Actividad 5:

Supervisar al personal de mantenimiento en el cumplimiento de las inspecciones de los equipos en cada jornada de trabajo y en el llenado correcto de cartillas de inspección sobre el estado del equipo, para dar conformidad de operatividad a operaciones mina, donde se verifican los niveles de fluidos, parámetros de perforación, el encendido de luces, alarma de retroceso, verificar que no cuenten con fugas de aceite hidráulico y que realicen el engrase general de las articulaciones de los equipos. Durante el día se realiza el seguimiento en operación, si presentara una falla, se atiende de forma inmediata ya sea mecánico o eléctrico, también se realiza el cambio de componentes menores en operación para no afectar en la disponibilidad del equipo.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional

Tabla 2. Diagnóstico de la mina Tambomayo.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Líder en el sector minero peruano con alta capacidad productiva.	Acceso a tecnologías avanzadas que pueden mejorar la seguridad y eficiencia operativa.
Implementación de sistemas modernos como Ground Fault y Ground Check.	Incremento de regulaciones y estándares en seguridad eléctrica que incentivan la modernización.
Compromiso con la seguridad del personal y protección de los equipos.	Expansión de operaciones en la misma zona aprovechando la experiencia adquirida.
Innovación tecnológica para minimizar riesgos y optimizar el trabajo.	Posicionarse como referente en el sector minero por el uso de tecnología avanzada en seguridad.
DEBILIDADES	AMENAZAS
Dependencia inicial de tableros tradicionales con limitaciones de seguridad.	Entorno adverso en la mina que acelera el desgaste de componentes eléctricos.
Necesidad de capacitación continua del personal para manejar nuevos sistemas.	Competencias con otras minas que adopten tecnología avanzada más rápidamente.
Costos asociados al mantenimiento y actualización de los sistemas implementados.	Riesgos inherentes al sector minero, como fallas críticas y accidentes pese a las mejoras.
Falta de experiencia inicial en la implementación de tecnología avanzada.	Regulaciones más estrictas podrían demandar inversiones adicionales en infraestructura

Tabla 3. Respuesta a la matriz FODA de acuerdo con las estrategias.

FODA	ESTRATEGIA	SOLUCIÓN
Fortalezas + Oportunidades	Estrategia de Crecimiento y Diferenciación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posicionarse como referente en seguridad eléctrica en el sector minero, destacando la modernización tecnológica como un valor diferencial frente a la competencia. 2. Ampliar operaciones en la misma zona, utilizando la experiencia adquirida y las mejoras tecnológicas para optimizar nuevos proyectos. 3. Ofrecer capacitaciones certificadas al personal y a otras empresas del sector, fortaleciendo la imagen de responsabilidad y liderazgo en innovación.
Fortalezas + Amenazas	Estrategia de Mitigación de Riesgos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorear continuamente el desempeño del sistema implementado, garantizando su efectividad en condiciones adversas y generando confianza en los operarios. 2. Establecer alianzas estratégicas con proveedores de tecnología avanzada para asegurar el acceso a actualizaciones y repuestos. 3. Participar en foros y redes del sector minero para mantenerse informado sobre regulaciones y tendencias que podrían impactar la operación.
Debilidades + Oportunidades	(Estrategia de Conversión)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Invertir en programas de formación continua para el personal, asegurando que estén capacitados para operar y mantener los nuevos sistemas eléctricos. 2. Optimizar el presupuesto destinado a mantenimiento y actualizaciones tecnológicas mediante negociaciones con proveedores y planificación estratégica. 3. Publicar estudios o reportes sobre los beneficios de la tecnología implementada, reforzando la imagen de innovación y atrayendo oportunidades de inversión.
Estrategia Central	Integrar la innovación tecnológica,	La capacitación del personal, y la planificación estratégica a largo plazo para maximizar oportunidades, mitigar riesgos, y asegurar el liderazgo en el sector minero frente a un entorno competitivo y regulaciones más estrictas.

Resultado final del FODA

- Pasos iniciales en la planificación:
- Realizar un diagnóstico técnico de los tableros y conectores actuales para identificar posibles áreas de mejora o mantenimiento urgente.
- Crear un cronograma detallado que incluya revisiones periódicas, limpieza, lubricación y pruebas de funcionamiento.
- Organizar talleres y simulacros para que el personal conozca en profundidad el funcionamiento del sistema y aprenda a detectar anomalías.
- Establecimiento de indicadores de rendimiento; es decir, implementar métricas para medir la efectividad del mantenimiento y la capacitación, asegurando que los objetivos se cumplan.

2.2 Historia de la empresa minera

La mina Tambomayo es una empresa líder en el territorio peruano, actualmente la compañía está en producción y tiene otros proyectos en la misma zona. Inició sus operaciones en el año 2016 con la explotación de mineral con los equipos Simba, donde entonces se trabajó con los tableros tradicionales de alimentación de energía 440VAC con su respectivo diferencial, así como menciona la norma peruana de electricidad hasta los inicios del año 2023. Gracias al estudio e investigaciones del bachiller, y con el avance de la tecnología, se implementó este sistema de protección Ground Fault y Ground Check en los equipos Simba, a fines del año 2023 empieza a funcionar este sistema de protección para salvaguardar la vida humana, también se tenía una falencia con los conectores unipolares de los tableros eléctricos de avance con los conectores unipolares del equipo, ya que no cuentan con un sistema de protección en el ambiente de trabajo y presenta desgaste prematuro de los componentes por el ambiente de trabajo.

Los conectores no presentaban un sistema de protección contra el agua, lodo y no prestan buenas condiciones de seguridad para el personal de operaciones, con esta implementación del sistema Ground Fault y Ground Check estarán más seguros los operadores, ya que el sistema de protección, al detectar una mínima fuga de corriente, bloqueará todo el sistema eléctrico desde el tablero principal de alimentación para salvaguardar la vida. A continuación, se adjuntan las fotos antes y después de la implementación del sistema de protección.

Antes



Figura 6. *Tableros tradicionales.*



Figura 7. *Conector Unipolares.*

Actual:



Figura 8. *Tablero Ground Fault y Ground Check.*



Figura 9. *Conectores Pentapolares.*

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

Según el diagnóstico situacional, este entorno puede ocasionar daños internos por fricción y pequeños cortes superficiales que no son visibles, generando un alto riesgo eléctrico para el

personal. Para mitigar esta problemática, se propone implementar un sistema de protección en los equipos Simba, que incrementará significativamente la seguridad en las operaciones. La propuesta incluye reemplazar los conectores unipolares actuales por conectores pentapolares, y sustituir los tableros tradicionales por tableros Ground Fault Ground Check. Estos últimos permiten monitorear la puesta a tierra y detectar fugas de energía, haciéndolos más seguros y eficientes frente a los riesgos eléctricos.

El bachiller plantea la instalación de este sistema de protección en los equipos Simba utilizados en la mina Tambomayo, con el objetivo de proteger la vida de los colaboradores. Para su implementación, se han presentado informes a la supervisión y se ha diseñado un plan de gestión para el suministro de repuestos necesarios. Gracias a los avances tecnológicos actuales, el sistema incluye el monitor RC48C, también conocido como relé de hilos piloto, que se instala en el tablero de alimentación de energía. Este dispositivo, junto al uso de diodos Zener, conectores pentapolares y cables de señal, permite la detección temprana de fallas eléctricas a lo largo del circuito, garantizando así la seguridad del personal.

El sistema de protección tiene la capacidad de identificar fugas de corriente superiores a un miliamperio y energías parásitas, bloqueando de manera inmediata la alimentación eléctrica desde el tablero principal. La reactivación del sistema requerirá la intervención del personal de mantenimiento, lo que garantiza un control riguroso y una mayor seguridad para los trabajadores.

Recomendaciones específicas:

- Gestionar el reemplazo de conectores unipolares por conectores pentapolares de 200 amperios.
- Solicitar la implementación de un relé RC48N en los tableros de alimentación para garantizar un monitoreo constante de fallas.
- Gestionar la adquisición de un interruptor principal con bobina de disparo para reforzar el sistema de protección.
- Ejecutar un diagrama eléctrico detallado para facilitar la implementación eficiente del sistema de protección en los equipos Simba.

2.4 Objetivos de la actividad profesional

Dentro de esta investigación profesional encontramos los siguientes objetivos generales y específicos

2.4.1 Objetivo general

Reducir la presencia de fuga de energía en los equipos con el sistema de Ground Fault y Ground Check para salvaguardar la vida humana.

2.4.2 Objetivos específicos

- Minimizar el contacto con los conectores pentapolares.
- Reducir el deterioro de los conectores pentapolares.
- Optimizar de forma eficiente las conexiones eléctricas de los equipos simba.
- Capacitar al personal de mina Tambomayo.

2.5 Justificación de la actividad profesional

2.5.1 Justificación práctica

La investigación es muy relevante para las empresas mineras para que puedan optar por este sistema de protección Ground Fault y Ground Check, para todos los equipos móviles que trabajen con 440VAC; de esta forma, ayude a velar por la seguridad de los trabajadores, y el cuidado de los equipos. Gracias a la tecnología, se vienen implementando los referidos sistemas de protección, que ayudan a seguir mejorando en temas de protección en riesgos eléctricos.

2.5.2 Justificación metodológica

La investigación se justificará con las técnicas, teorías y métodos de la Ingeniería Industrial, aprendidos en todo este proceso de la formación académica, se plasmará todo lo teórico en la práctica para seguir mejorando en los sistemas de protección de riesgo eléctrico para salvaguardar la vida humana

2.6 Resultados esperados

Con este estudio de investigación, sobre el sistema ground fault, y ground check se busca reducir el riesgo eléctrico en los equipos Simba, para optimizar una operación segura de parte de los operadores, minimizar el contacto con la energía eléctrica mediante los conectores pentapolares, reducir el deterioro de los conectores por el ambiente de trabajo, y asegurar las conexiones de una forma eficiente para realizar trabajos de perforación.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1 Antecedentes

Antecedente internacional

Monga Sánchez, D. (2023) elaboró la investigación Comprobación de sistemas de puesta a tierra mediante software: Check Of Grounding Systems By Means Of Software, un sistema de puesta a tierra (SPT), el cual está destinado a garantizar la integridad de las instalaciones eléctricas y de sus usuarios ante eventuales fallas, brindando seguridad y continuidad de servicio. Para el presente estudio, se implementó un SPT, el cual fue dimensionado, sometido a medición experimental y comprobado mediante simulación en el software ETAP; ¿obteniéndose en los tres casos una resistencia promedio aproximada de 8?, valor que se encuentra dentro de los parámetros estipulados en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) (1)

Antecedentes nacionales

Según, Castro (2019) en su estudio Implementación de protección eléctrica en Media Tensión 10/22.9 kv, para prevenir fallas en campo de simulación UCV-Chiclayo, menciona que implementando a este un sistema de protección eléctrica de MEDIA TENSIÓN de 10/22.9 kv. Garantizando así la seguridad de las personas y equipos, al presentarse una falla o desperfecto en el sistema eléctrico de dicho laboratorio. (2)

Quispe (2023) presentó la tesis “Implementación de monitores de falla para mejorar la protección en los circuitos de baja tensión de las cargas móviles y movibles en la unidad minera Chungar – Volcán” tuvo por objetivo la implementación de monitores de falla a tierra para mejorar la protección a la vida humana en los circuitos de alimentación de las cargas móviles; luego, realizada la investigación se observó que los sistemas de protección responden de forma eficaz de detección y monitoreo temprana ante los fenómenos eléctricos de potencial riesgo, concluyendo que la implementación de monitores de fallas a tierra que mejora la protección en los circuitos baja tensión de las cargas móviles. (3)

Camasca (2022) elaboró una investigación que responde a la siguiente interrogante ¿cómo influye el tablero eléctrico “Grounding Check” en la protección del equipo de bombeo en la

minera Alpamarca Volcan, 2022?, como objetivo principal pretende determinar la influencia del tablero eléctrico “Grounding Check” en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022, y como hipótesis se asume que el tablero eléctrico “Grounding Check” influye positivamente en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022. El diseño fue el descriptivo correlacional, la muestra es unitaria, estuvo constituida por los tableros eléctricos de la sala de máquinas en la minera Alpamarca Volcan, 2022. Se concluye que el tablero eléctrico “Grounding Check” influye positivamente en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022. Por los valores obtenidos de los criterios de producción de minerales con un promedio 1829.9 t/d, funcionalidad y el nivel de riesgo en la operación del equipo de bombeo, toda vez que la prueba de hipótesis resultó ser significativa; asimismo, la protección de los equipos de bombeo se garantiza en los niveles de operación, como tensión de toque y paso en la minera Alpamarca Volcan. (4)

Falcon (2021) su investigación fue hacer un plan de mejora de la gestión del tiempo en el proceso de planificación de mantenimiento preventivo de equipos de perforación de minería subterránea en la empresa Epiroc Perú S.A. La empresa cuenta con el área de Ingeniero Planner, quien es responsable de garantizar la continuidad en las operaciones de los equipos como Simbas S7D, Jumbo Boomer T1D y Simba Raptor 44 a un 85% de disponibilidad mecánica; sin embargo, no estaría cumpliendo a cabalidad con los intervalos del tiempo programado, toda vez que el “Ingeniero Planner”, al realizar la inspección y el control de los componentes, debe estimar el tiempo adecuado que corresponde a cada equipo según el trabajo a realizar, ya que a veces no corresponde mantenimiento preventivo sino correctivo; ello conlleva a tomar mayor tiempo de lo programado. En este sentido, se presenta la propuesta de la mejora de la gestión del tiempo que consiste en implementar herramientas de gestión. En segundo lugar, se debe realizar órdenes de trabajo específico en primera instancia, registrando fecha de inicio y fin del trabajo. Implementar Check List de Inspección Técnica, que permitirá verificar el estado de operatividad del equipo Simba y un registro como base de datos lo cual permitirá la inspección visual rápida y eficiente, también es necesario contar con una cartilla de mantenimiento preventivo aquí se describe las actividades a ejecutar durante el mantenimiento preventivo. Finalmente, es necesario la capacitación e inducción a los Técnicos del “Ingeniero Planer”. La implementación de todo lo consignado mejorará la gestión del tiempo en el mantenimiento preventivo. (5)

3.1.2 Definición de equipo Simba

El equipo de perforación simba, es una maquinaria utilizada en la minería subterránea. Este equipo es reconocido por su versatilidad y la capacidad de realizar las perforaciones en diferentes tipos de roca. Los equipos Simba son fabricados por la empresa Atlas Copco, y están diseñados para optimizar la perforación de los tajos para la instalación de los explosivos para triturar la roca y extraer el mineral.

Es un equipo de perforación de barrenos largos para galerías de tamaño pequeño o mediano, Puede perforar barrenos paralelos ascendentes y descendentes con un espaciado de hasta 5,9 metros, y está equipado con un martillo en cabeza de alto rendimiento y una unidad de perforación montada en el brazo, y ofrece una solución sostenible de alta precisión para la perforación de barrenos largos y con un mayor nivel de automatización permite añadir la funcionalidad que necesita a este equipo versátil. (6)



Figura 10. *Equipo Simba.*

Características y ventajas de los equipos de perforación Simba son:

- **Maniobrabilidad:** son muy compactos y suelen tener una buena articulación para ingresar a labores cerradas de la mina subterránea, lo que facilita su operación en espacios reducidos.
- **Tecnología avanzada:** muchos de estos equipos están incorporados con las tecnologías modernas, con el sistema CAN, con este sistema de mando es automatizado, que

permite mejorar la precisión en los ángulos de perforación y seguridad durante la operación.

- Capacidad para perforar las diferentes rocas: dependiendo del modelo de los equipos Simba, pueden perforar en rocas duras, medianas y suaves, adaptándose a las condiciones del terreno.
- Eficiencia: estos equipos están diseñados para maximizar la producción en la perforación de taladros, con el sistema RHS lo que ayuda a reducir los costos operativos.

A continuación, se presentan las especificaciones del equipo simba

Tabla 4. Datos técnicos del equipo simba S7D.

Descripción	Datos
Longitud equipo perforador en posición de acarreo	9.3 - 10.1 m
Ancho	2.1m
Altura carro con techo protector	2.1 -2.8 m
Altura carro con cabina	2.8 m
Peso	13 - 14.5 toneladas
Capacidad de energía instalado	vea la placa de datos
Voltaje	vea la placa de datos
Frecuencia	vea la placa de datos
Temperatura de ambiente	0 a + 40 °C

Ubicación de componentes del Simba

Componentes principales del equipo:

El equipo simba está conformado por 12 componentes principales que hacen posible para el correcto funcionamiento del equipo en la operación para una mina subterránea.

- 1) Unidad de enrollado de cable
- 2) Unidad de enrollado de mangueras
- 3) Motor diésel
- 4) Techo protector o cabina
- 5) Perforadora

- 6) Deslizadera
- 7) Brazo
- 8) Gata delantera
- 9) Bomba hidráulica
- 10) Depósito de aceite hidráulico
- 11) Gato trasero
- 12) Gabinete eléctrico

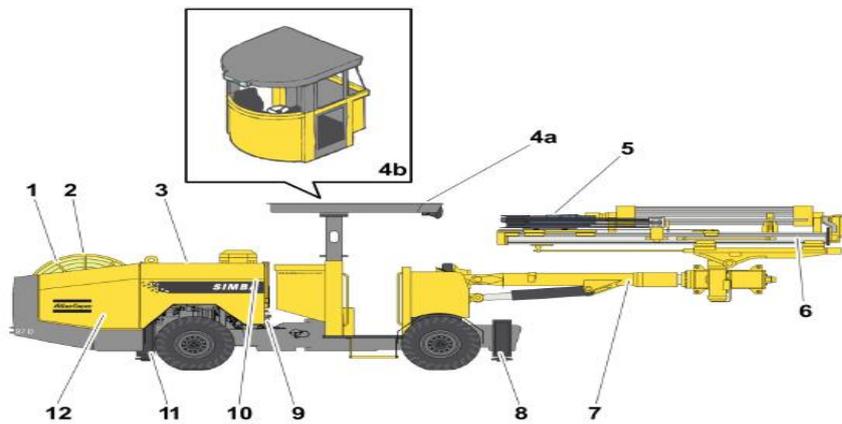


Figura 11. Componentes principales del equipo Simba. Tomada de: Manual de operaciones Atlas Copco.

Descripción del sistema general

El equipo simba está conformado por 16 sistemas que están conectados entre sí para el buen funcionamiento del equipo ya sea diésel, transmisión e hidráulico. Si uno de estos sistemas falla el equipo no podrá moverse hasta que se repare dicho sistema; a continuación, se detalla los sistemas:

- 1. Tablero de operador para el motor diésel
- 2. Tablero de operador para perforar
- 3. Paro de emergencia
- 4. Tablero de control para gatos.

5. Aire acondicionado (equipos de perforación con cabina)
6. Baterías
7. Motor diésel
8. Gabinete eléctrico 440 VAC, 110 VAC ,24 VDC
9. Alimentador
10. Paro de emergencia
11. Compresor
12. Sistema hidráulico
13. Sistema de aire
14. Brazo
15. Sistema de agua
16. DCT equipo neblina de agua

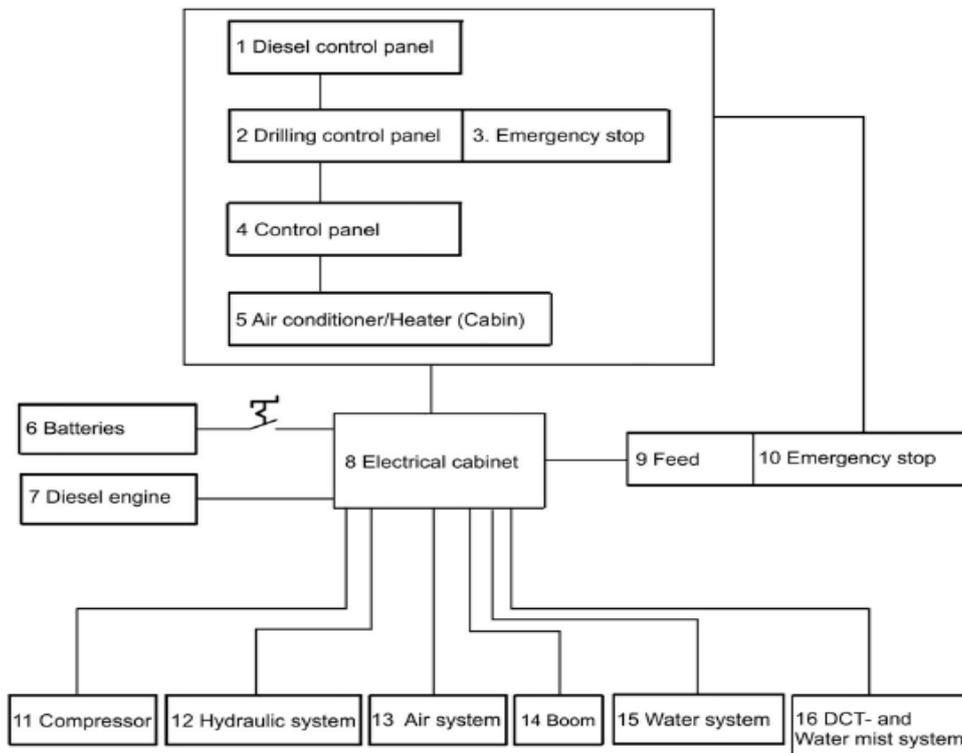
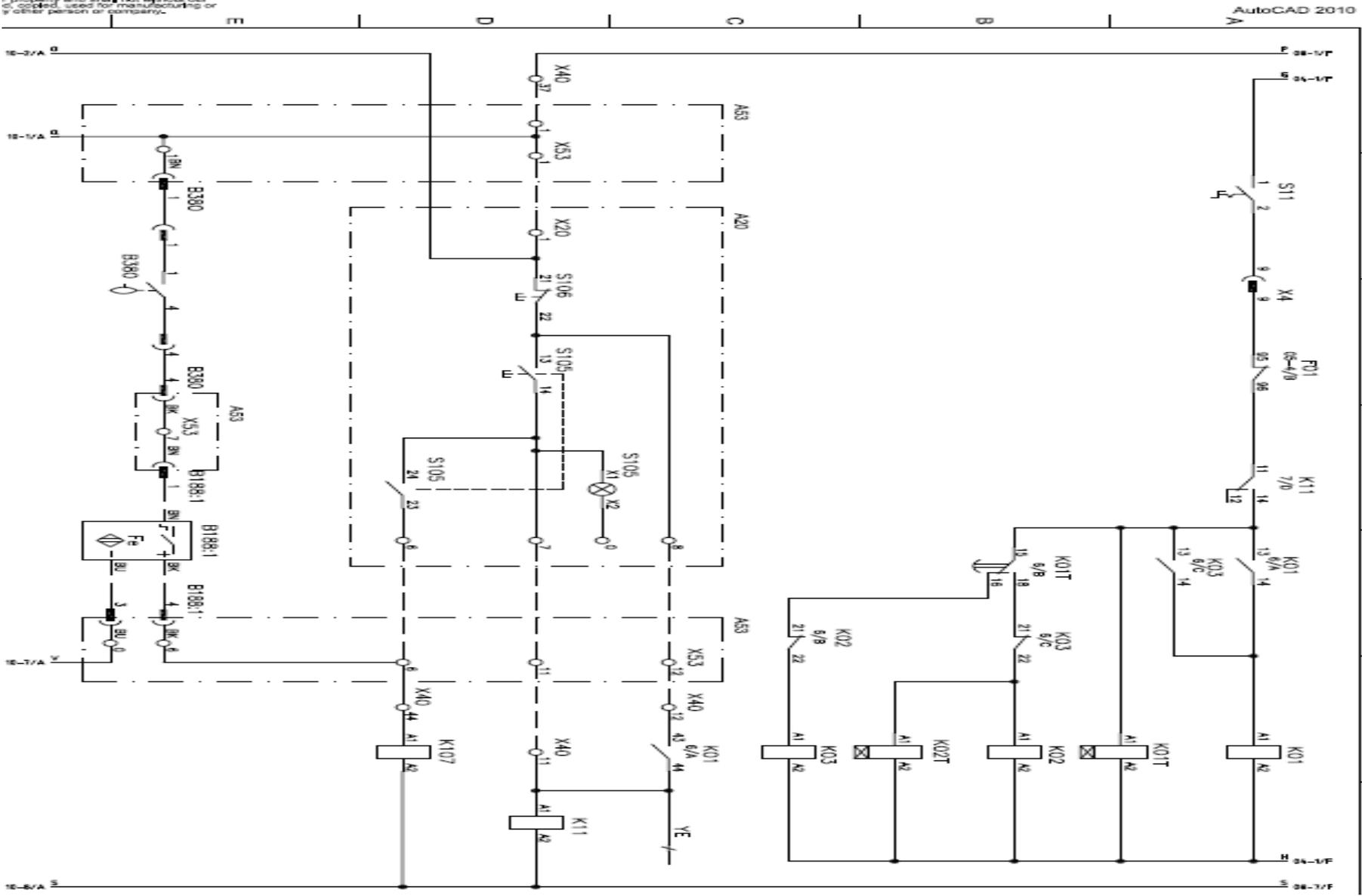


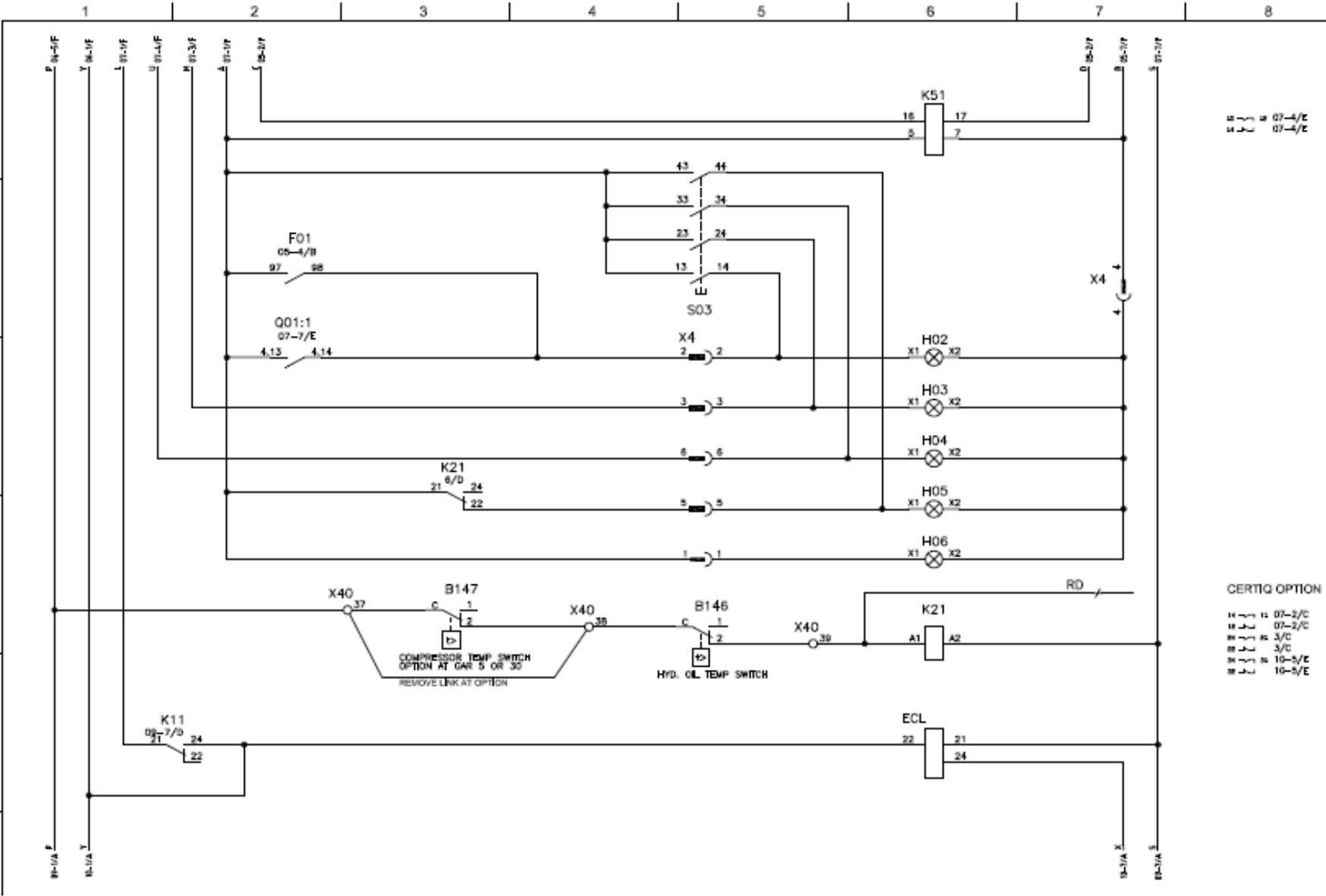
Figura 12. *Sistemas de control del Simba. Tomada de: Manual de operaciones Atlas Copco.*

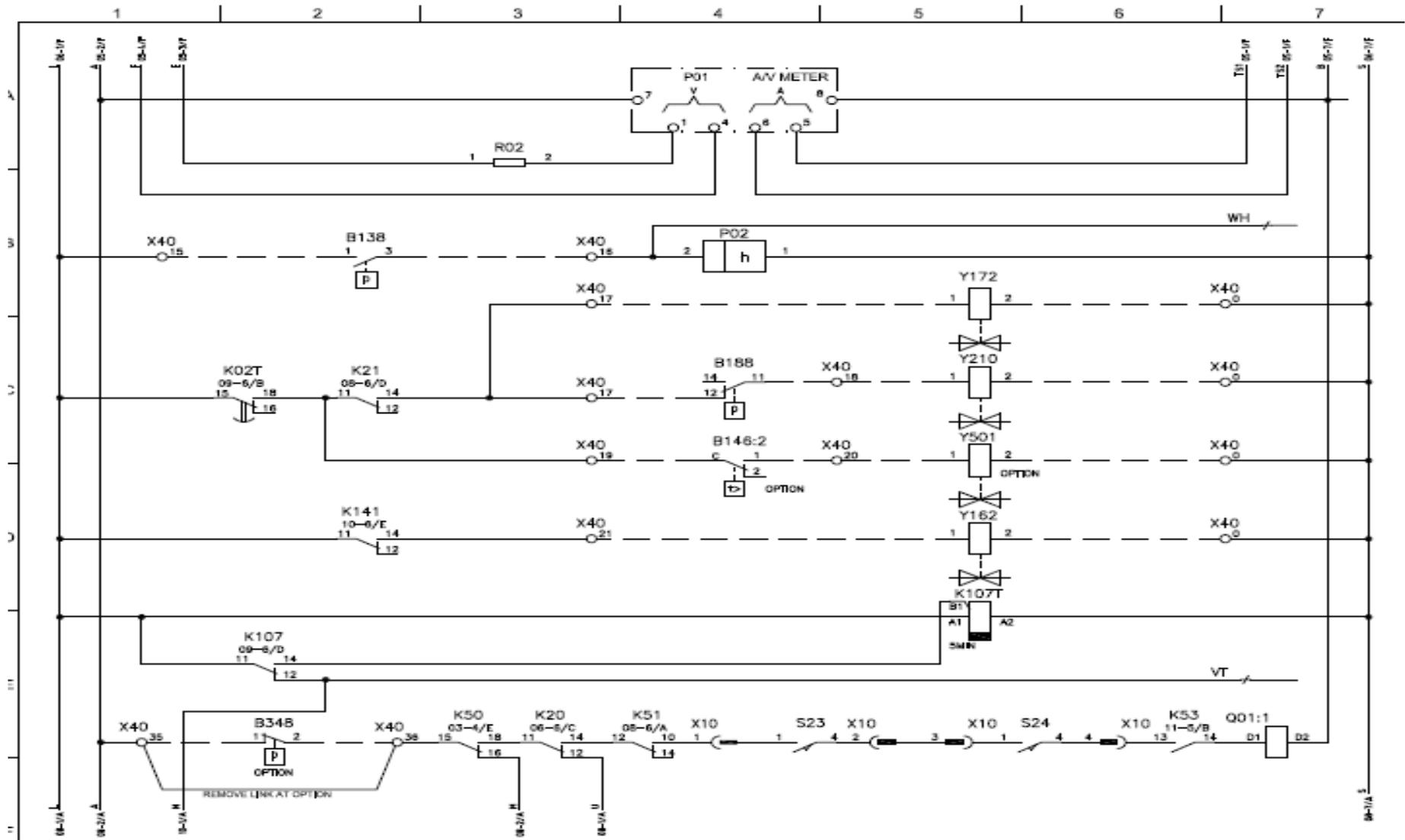
Diagramas Eléctricos e Hidráulicos

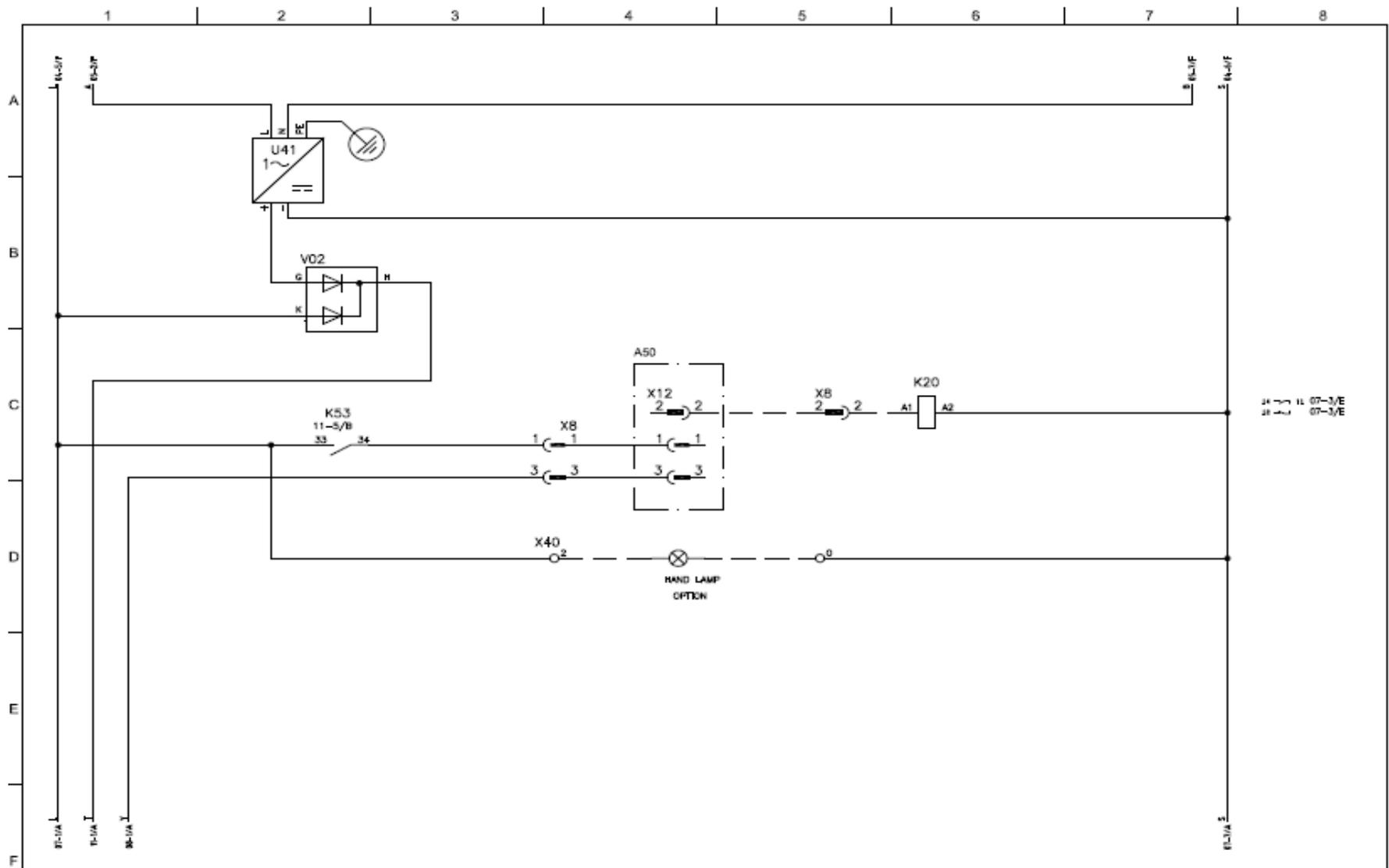
Estos equipos son hidrostáticos, convierte la combustión interna de un motor diésel a un sistema hidráulico para su traslado y de igual forma la energía eléctrica 440 VAC mediante un motor eléctrico a un sistema hidráulica para realizar los trabajos de perforación y este sistema hidráulico es comandado por electroválvulas de 24VDC en tal sentido estos equipos llevan dos diagramas del sistema eléctrico y hidráulico que son una representación gráfica que nos muestra las conexiones de los componentes en la parte mecánica y eléctrica y nos ayuda a identificar posibles fallas que puede presentar el equipo en traslado o en perforación.

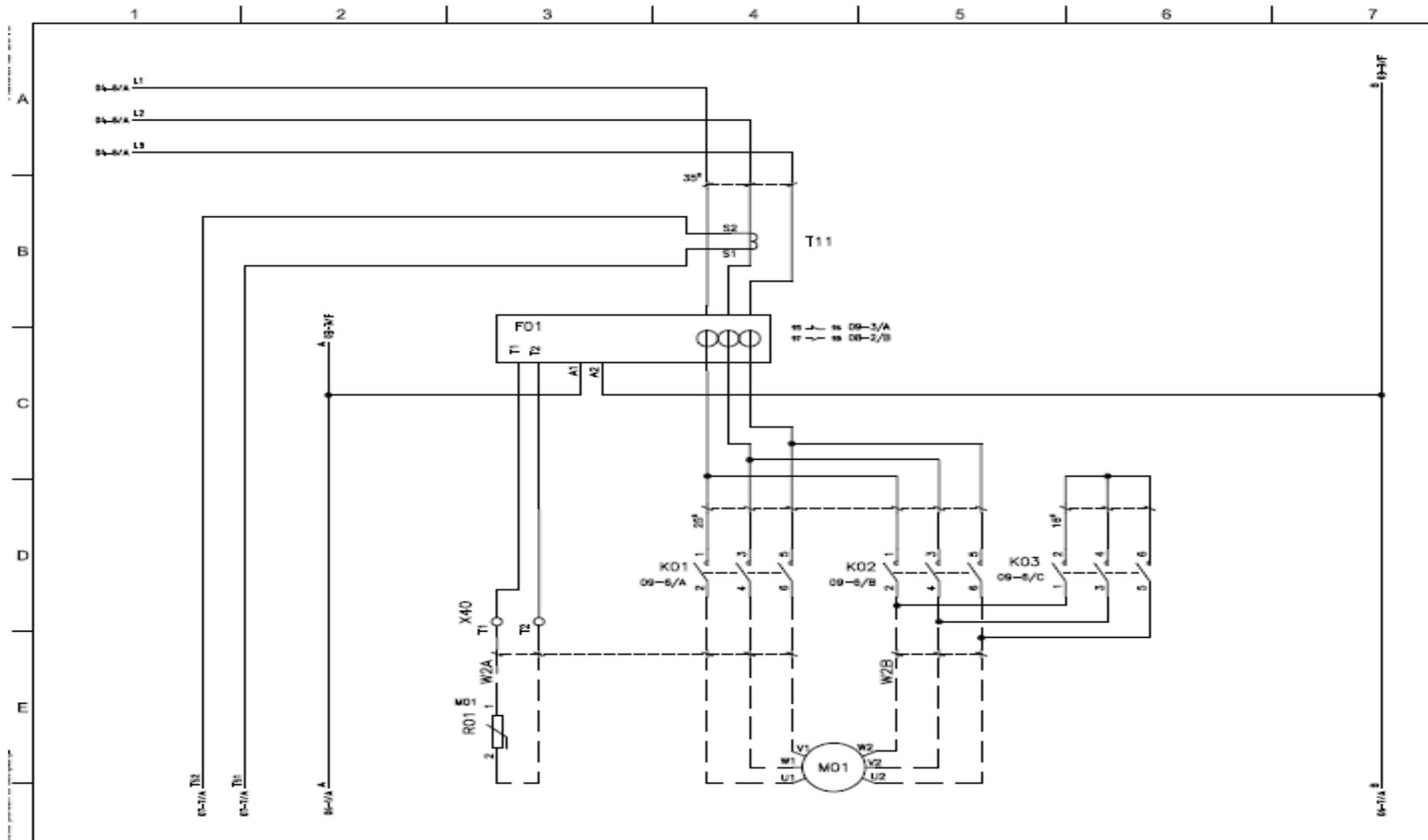


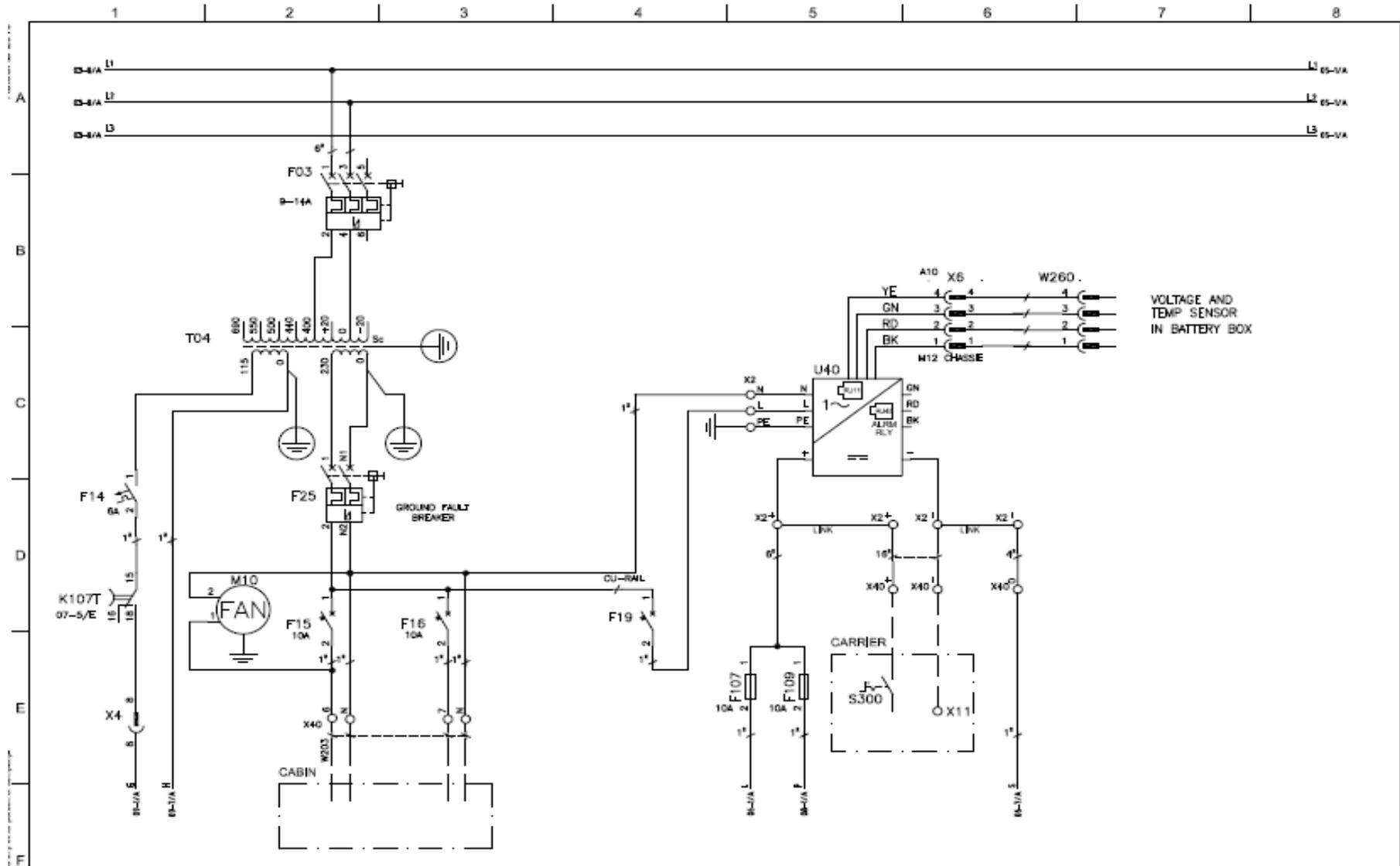
of copyright owner shall have no effect on the validity of a patent. Used for manufacturing or other person or company.











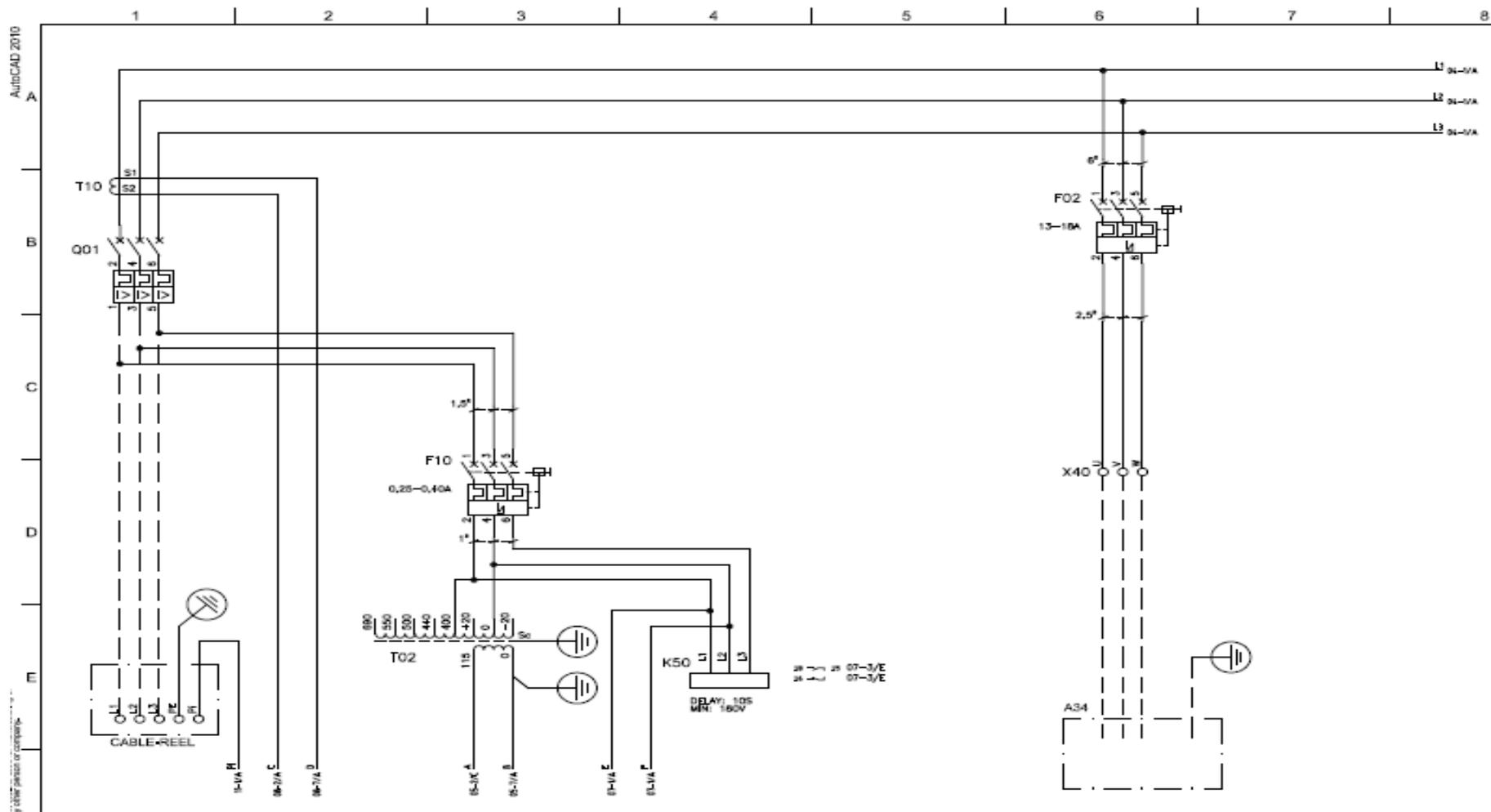
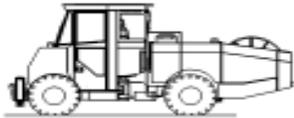
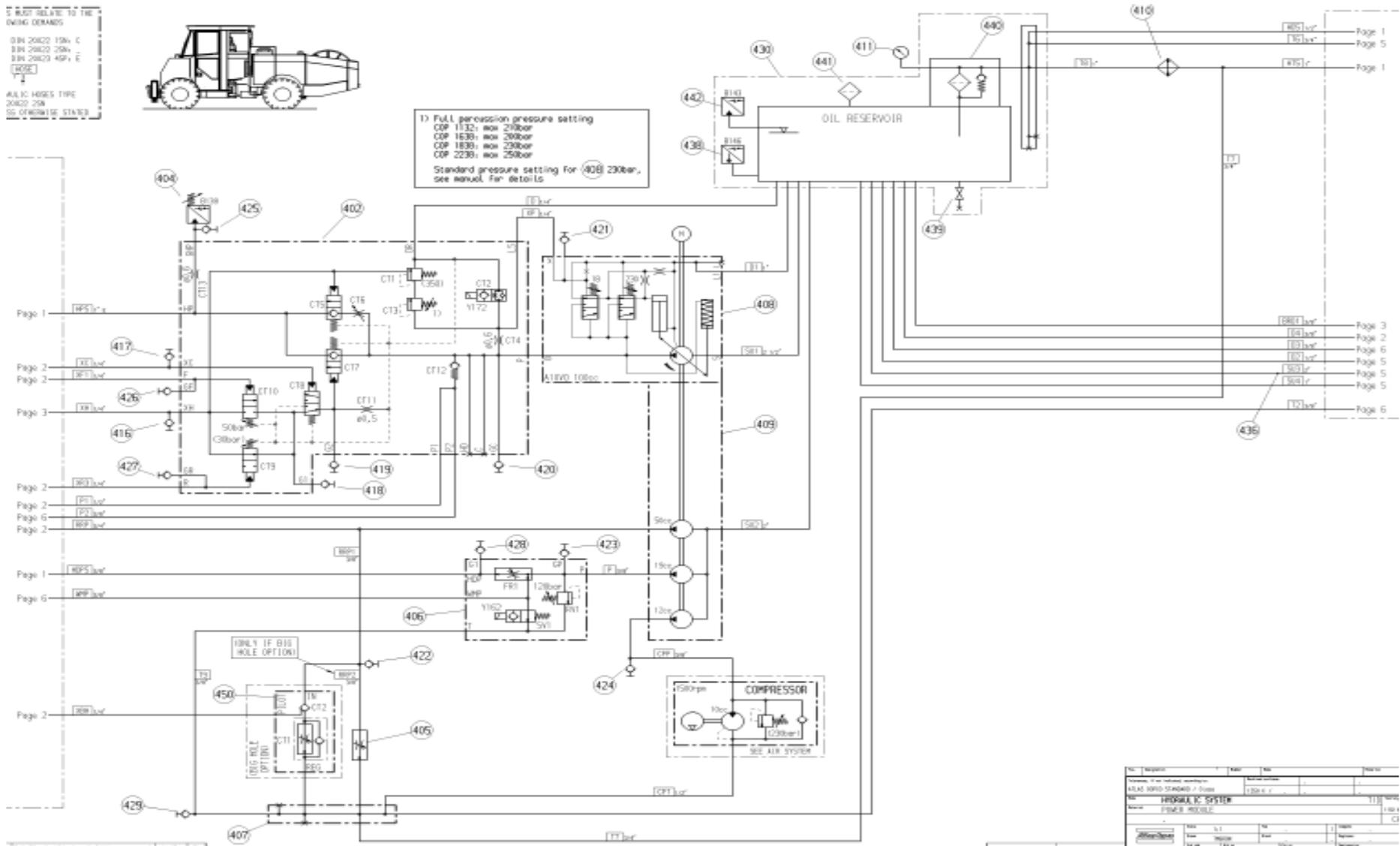


Figura 13. Diagrama eléctrico del equipo Simba. Tomada de: Manual de partes Atlas Copco

1) MUST RELATE TO THE
 DRIVING DEMANDS
 01N 20422 15h, C
 01N 20422 25h
 01N 20422 40h, E
 01N
 ALL IC HOSES TYPE
 20422 25h
 22 01N04102 51h/03

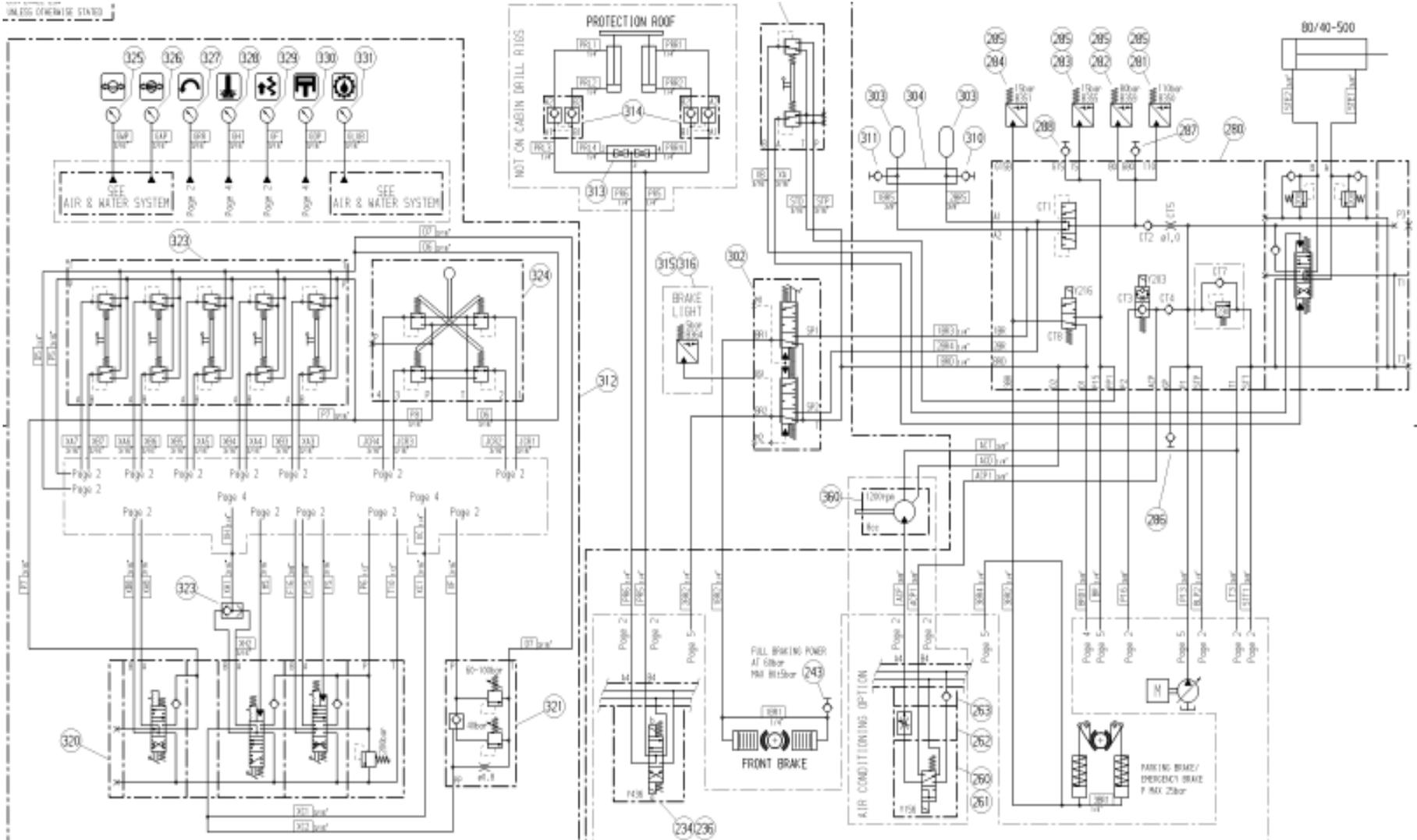


1) FULL percussion pressure setting
 COP 1132: max 230bar
 COP 1630: max 200bar
 COP 1830: max 230bar
 COP 2230: max 250bar
 Standard pressure setting for 408 230bar,
 see manual. For details



Rev	Supplied	Rev	Rev	Rev
01	01	01	01	01
ALLIANCE WORLD STANDARD / 50mm 1250 x 1				
HYDRAULIC SYSTEM				
HYDRAULIC SYSTEM				
Rev	01	Rev	01	Rev
01	01	01	01	01

IN L&S CONTAINER STAND



Sistema contra incendios

Este equipo también está protegido con un sistema contra incendios, que es el sistema ANSUL. El cartucho es un recipiente cerrado a presión que contiene dióxido de carbono o nitrógeno gaseoso y es accionado manualmente por tres puntos del equipo y el aspersor está direccionado al motor diésel, batería y a las bombas hidráulicas, que sirve para apagar un amago de fuego que puede presentar el equipo por diferentes razones, por sistema eléctrico, recalentamiento entre otros.

Sistema de seguridad de bloqueo

Este equipo también cuenta con cuatro puntos de bloqueo o paradas de emergencia que son de forma manual en los diferentes puntos del equipo. El sistema de protección es de fábrica y debe ser accionado cuando ocurre un daño o fallas en la máquina, cuando hay un riesgo a la vida humana, equipos, bloqueando todo el sistema eléctrico.

¿Qué es Ground Fault y Ground Check?

Es un sistema de protección y monitoreo en las instalaciones eléctricas, especialmente en zonas industriales y comerciales, a continuación, se explica cada uno.

3.1.3 Ground Fault (falla a tierra)

Definición: esta falla ocurre cuando hay una conexión no deseada entre un conductor eléctrico a una línea tierra, también puede suceder debido a un aislamiento defectuoso o daños en los cables, y condiciones ambientales en el área de trabajo.

Tablero de falla a tierra: un tablero diseñado para detectar estas fallas en tierra. Utiliza dispositivos como interruptores de falla a tierra (GFCI, por sus siglas en inglés) que monitorean la corriente eléctrica. Si detectan una diferencia entre la corriente que entra y la que sale, lo que indica una fuga a tierra, desconectan automáticamente el circuito para evitar electrocuciones y daños.

3.1.4 Ground Check (verificación a tierra):

Definición: La verificación a tierra consiste en asegurarse de que los sistemas eléctricos estén debidamente conectados a tierra. Es crucial para la seguridad y el buen funcionamiento de los equipos eléctricos.

Tablero de verificación a tierra:

Un tablero que permite comprobar la integridad del sistema de conexión a tierra. Puede incluir medidores que evalúan la resistencia del sistema de tierra y dispositivos que indican si hay problemas con la conexión a tierra.

Diodo Zener

Un diodo Zener es un tipo especial de diodo que permite el flujo de corriente en ambas direcciones, pero que tiene una característica particular: puede mantener un voltaje constante en su terminal de salida cuando se polariza en inversa. Esta propiedad lo convierte en un componente esencial en circuitos de regulación de voltaje. (7)

Relé RC48C

De acuerdo a la página de Bender, es un tipo de relé electromecánico que se utiliza usualmente en las aplicaciones de control y automatización de sistema eléctricos, y tiene unas características que lo hacen adecuado para diferentes tareas, controlar cargas eléctricas, la protección de circuitos y la conmutación de señales.

Interruptor principal 440VAC con bobina de disparo

Es un interruptor de corriente que tiene una bobina de disparo, este es un dispositivo eléctrico que se utiliza para controlar los flujos de corriente de los circuitos de potencia, generalmente es parte del sistema de protección o control de circuitos eléctricos. Estos tipos de interruptor combinan las funciones de un interruptor convencional con una bobina electromagnética que actúa como mecanismo de disparo.

3.1.5 Componentes y funcionamiento

Interruptor: es el principal componente que abre o cierra el circuito para permitir o interrumpir el flujo de corriente de los equipos eléctricos.

Bobina de disparo: es un componente electromagnético que está instalado en el interruptor, al ser alimentado con una corriente, esta genera un campo magnético que puede activar y desactivar el interruptor. La bobina puede ser activada por diferentes condiciones, como sobrecarga, cortocircuito o señales de control.

Circuito de control: la bobina de disparo está conectada en un circuito de control que realiza el monitoreo de las condiciones del sistema eléctrico. Si detecta una anomalía en el sistema, el circuito activa a la bobina, lo que a su vez dispara el interruptor y abre todos los circuitos a proteger.

Cable de potencia 440VAC

Se refiere a un tipo de cable eléctrico de potencia que está diseñado para transportar corriente alterna (AC) y un voltaje de 440 voltios. Este tipo de cable es utilizado en las aplicaciones industriales y comerciales, donde está compuesto por 3 cables de potencia, una tierra y otro de señal, para el sistema de protección ground fault y ground check del equipo Simba.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1 Descripción de actividades profesionales

En este capítulo se describen las actividades que realiza el bachiller en el Área de Mantenimiento Mecánico de Equipos, desde el año 2022 en la mina Tambomayo, con un enfoque integral desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial. Las actividades reflejan cómo la gestión eficiente de recursos y procesos puede optimizar la productividad y seguridad en entornos industriales complejos.

- a) Gestionar reportes de los trabajos realizados por jornada de trabajo: para cumplir con estas funciones encomendadas por el ingeniero de mantenimiento, el bachiller es encargado de:
 - Programar las charlas de seguridad de 5 minutos para empezar cada jornada de trabajo y gestionar el registro de asistencia por las capacitaciones impartidas, para luego adjuntar todos los registros para las inspecciones de la empresa o fiscalización de parte de las autoridades competentes (anexo 01).
 - Gestionar las órdenes de trabajo en el cuaderno de operación segura IPERC, para evaluar las condiciones del área de trabajo (Anexo 02).
 - Gestionar la recopilación de información de todos los trabajos realizados por parte de los técnicos en taller y mina en una jornada de trabajo, para realizar el reporte general al jefe de mantenimiento (Anexo 03)
 - Recopilar la información de (OT) o órdenes de trabajos realizados en un mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, para luego registrar la información en la base de datos del programa SAP, para llevar un buen control de la información (Anexo 04).
 - Gestionar reportes de los trabajos pendientes que faltan realizar en el equipo, para agregar estos pendientes en la cartilla de mantenimiento del próximo mantenimiento.
 - Generar reporte de disponibilidad mediante el indicador KPI, cada 24 horas por equipo, para controlar y comparar el rendimiento de los equipos en operación.

- b) Evaluar, controlar y supervisar el cumplimiento del proceso de mantenimiento de los equipos. En esta actividad, el bachiller fue encargado de realizar las siguientes funciones:

- Hacer seguimiento al personal de mantenimiento en el cumplimiento con el llenado de herramienta de gestión.
 - Gestionar que se cumplan los bloqueos de puntos de energía eléctrica, hidráulica y neumática, para realizar los trabajos.
 - Realizar la evaluación de los trabajos de alto riesgo, y gestionar el permiso escrito de trabajo seguro PETAR, para facilitar las condiciones de trabajo.
 - Coordinar con el personal de mantenimiento sobre los trabajos del día, considerando la carga laboral y competencias del personal técnico.
 - Gestionar los repuestos requeridos por el personal de mantenimiento.
 - Realizar la entrega de repuestos que se requieren en los programas de mantenimientos de los equipos.
- c) Gestionar y participar directamente en la solución de problemas del día a día en los procesos de mantenimiento de los equipos.
- Gestionar la ejecución de programas de mantenimiento por horas de trabajo de los equipos ya sean preventivo correctivo y predictivo
 - Facilitar el documento pre uso de las inspecciones de los equipos y herramientas, para realizar los trabajos en mantenimiento.
 - Gestionar formato ATS análisis de trabajo seguro para trabajos puntuales que no son rutinarios.
 - Realizar la coordinación con el área de planeamiento, para la entrega oportuna de los insumos, y no generar retrasos en horas de mantenimiento, para que no afecten en la disponibilidad del equipo.
 - Solucionar los problemas que se puedan dar durante la jornada de trabajo, en temas de seguridad, falta de repuestos, o falta de EPPS, entre otros; en coordinación con el jefe de mantenimiento mecánico.
- d) Verificar el correcto funcionamiento de sistema de protección y presiones hidráulicas de trabajo de los equipos en mantenimiento
- Verificar el funcionamiento correcto de paradas de emergencia de los equipos, para salvaguardar la vida humana.
 - Gestionar la cartilla de inspección sobre el estado de aislamiento de los cables de potencia para registrar los parámetros de aislamiento, para llevar un buen control de la información sobre el estado del cable.

- Gestionar la cartilla de inspección sobre el estado de aislamiento del motor eléctrico para el registro de parámetros de aislamiento, para llevar un buen control de la información sobre el estado del motor para salvaguardar la vida humana.
 - Gestionar la cartilla de inspección sobre los parámetros de perforación del sistema hidráulico, y del sistema eléctrico del equipo Simba.
- e) Gestionar el requerimiento de repuestos por tiempo de vida útil.
- Gestionar los backlog por sistemas eléctrico o mecánico por cada equipo según la criticidad de cada repuesto.
 - Hacer seguimiento del proceso de compra mediante el programa SAP con el número de aviso.
 - Hacer seguimiento de los repuestos más críticos o rotativos que se usan de forma constante en el equipo, para su reposición automática si se tiene en almacén.

REGISTRO DE BACKLOG Y SOLICITUD DE REPUESTOS

EQUIPO: *Simba* MARCA: *Stla* MODELO: *SFD* FECHA: *18-09-24*

AVISO: _____ ORDEN: _____ RESERVA: _____ SOLPED: _____

REP. OPERADOR: _____ TIPO DE INSPECCION: _____

INSPECCION (CAMPO): _____ PREVENTIVO: _____ OTROS: _____

SISTEMA: _____

ACCION: _____

SISTEMA: _____

MOTOR ELECTRICO: CONVERTIDOR: _____ HIDRAULICO: _____ PERFORADORA: _____

TRANSMISION: _____ MANDOS FINALES: _____ DIRECCION: _____ ALINEAMIENTO: _____

FRENO: _____ BARRIDO: _____ CABINA: _____

URGENTE: CORRECTIVO PROG: _____ PRIORIDAD: _____ PROX. PM: _____ POR MONITOREO: _____

N°	N° PARTE	DESCRIPCION	CODIGO SAP	CANT.	UNID.	OBSERVACIONES
01	511201262	cable completo W511			01	
02	511201222	cable completo W502			01	
03	511201224	cap. de conexiones W48			01	
04	317000379	Power Electric W42			01	
05	512002779	sigetal cable W226			01	
06	512002776	sigetal cable S133.5			01	
07	511201223	cable completo B146			01	
08	317000328	cable completo W224'			01	
09	511201210	cable W203			01	
10	511201213	cable W209			01	
11	512001986	cable completo X503			02	
12	511200424	cable completo W501			01	
13	511200710	chapa de conexiones p38			01	
14	511231163	cap. de cable p38			01	
15	511200720	cable completo W503			01	
16	511201212	cable completo W510			01	
17	511201212	cable completo W509			01	
18	524134200	plancha aluz			02	
19	5240119300	caja de control			02	
20	317000342	manija switch			01	

SOLICITADO POR: *Juan Huanayapata* NOMBRES Y APELLIDOS: *Conchillo* FIRMA: *[Firma]*

APROB. SUPERVISOR: _____

APROB. JEFE MANTTO: _____

Figura 15. Backlog.

4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales

La actividad está enfocada en minimizar el riesgo eléctrico en el cable de alimentación de 440 VAC del equipo Simba, para priorizar la seguridad del personal y la sostenibilidad de los procesos mediante estrategias basadas en análisis de datos y gestión, esta implementación del sistema, Ground Fault y Ground Check del equipo creará un ambiente de trabajo seguro para

los operadores, también tendrá una repercusión en la reducción de costos por la alta demanda que generó los conectores unipolares.

4.1.2 Alcance de las actividades profesionales

El alcance de las actividades profesionales está enfocado al área de mantenimiento general y operaciones mina, para lograr estos objetivos planteados del periodo de trabajo 2022 -2024 con la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check, y otros trabajos programados por el área de mantenimiento, se utilizaron una serie de métodos, entre ellos se tienen lo siguiente:

Planificar

Anualmente el bachiller se encarga de realizar la recopilación de información sobre el estado de los equipos y de los componentes críticos que puedan fallar por tiempo de vida útil durante el año, para considerar en los tipos de gastos CAPEX y OPEX. Para su requerimiento, se realiza el alcance de la información al ingeniero mecánico, para su revisión y aprobación en coordinación con el Ing. Superintendente de mantenimiento sobre los costos que demandará en realizar los trabajos correctivos de los equipos; de esa forma, dar un buen soporte al área operativa en la disponibilidad de los equipos.

Esta planificación, que se realiza para un periodo de un año, involucra y está relacionado con la cantidad de personal técnico que se tiene en el área de mantenimiento y de esta forma cumplir los objetivos planteados.

Delegar

Debido a la cantidad de funciones que cumple el bachiller, delegar ciertas funciones a un líder de cada grupo de trabajo, bajo las responsabilidades del bachiller.

Delegar estas actividades permite al bachiller ser más eficiente en el cumplimiento de objetivos de corto y largo plazo, realizando trabajos en coordinación con los líderes de grupo para mejorar un ambiente de trabajo seguro en el área de mantenimiento de equipos.

Aplicar valores

Para lograr buenos resultados en este periodo, se puso en práctica los valores aprendidos durante la formación académica del bachiller, como es la responsabilidad, transparencia, honestidad, respeto, compromiso, confianza, tolerancia y lo más importante trabajo en equipo, aplicar estos

valores esenciales hace que los trabajos sean de calidad, en el tiempo planificado para lograr los objetivos planteados.

4.1.3 Entregables de las actividades profesionales

El bachiller es evaluado constantemente por el ingeniero mecánico de equipos en la unidad minera de Tambomayo, por todas las actividades realizadas donde se elaboran informes sobre el estado de los equipos.

Informes semanales analíticos

Se elaboran reportes detallados que incluyen indicadores de rendimiento clave (KPI) como disponibilidad de equipos, tiempos de inactividad y cumplimiento de programas de mantenimiento. Estos informes son fundamentales para la toma de decisiones.

Registros de capacitaciones y evaluaciones de competencias

Incluye documentación sobre las actividades de formación realizadas, junto con evaluaciones que permiten medir el impacto en las habilidades del personal y su contribución al logro de los objetivos organizacionales.

Generar reporte en el programa SAP

Se registra toda la información a este programa sobre los repuestos utilizados para generar su reposición automática y para llevar el buen control de vida útil de los componentes por horas trabajadas.

Formatos de reporte de fallas de cada equipo

En esta actividad se realizan los informes detallados de las anomalías de todos los equipos que presentan fallas, para gestionar el requerimiento de repuestos y programar las paradas de los equipos; de esa forma, efectuar los trabajos pendientes.

Elaborar y registrar la información en las cartillas de mantenimiento, sobre los trabajos realizados y adjuntar los archivos para un control de mantenimiento, gestionar la conformidad del usuario sobre el mantenimiento.

4.2 Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1 Metodologías empleadas en la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check 440VAC en equipos de perforación hidráulica Simba en mina Tambomayo – Arequipa

Para cumplir este objetivo en la implementación del sistema de protección, el bachiller se encargó de investigar y recopilar toda la información por medio de internet, tutoriales de YouTube, y en trabajos de investigación sustentados de otros profesionales. También sirvió las experiencias que el bachiller obtuvo en otros trabajos, como es la mina Inmaculada y conocer amistades de diferentes zonas o regiones, que apoyaron en la recopilación de información sobre el sistema de protección. Luego se analizó si es viable la implementación, se optó por profundizar sobre el sistema Ground Fault y Ground Check, y se llegó a contactar a una empresa especializada en este sistema de protección, mediante la jefatura de mantenimiento mecánico, de donde brinda toda la información del tablero y su funcionamiento de cómo trabaja el sistema de protección, para luego realizar un diagrama eléctrico que incorpore un diodo zener en el sistema eléctrico del Simba y sincronizar con las paradas de emergencia para el buen funcionamiento del equipo. Por ello, se realizó las capacitaciones y encuestas a los operadores y técnicos mecánicos.

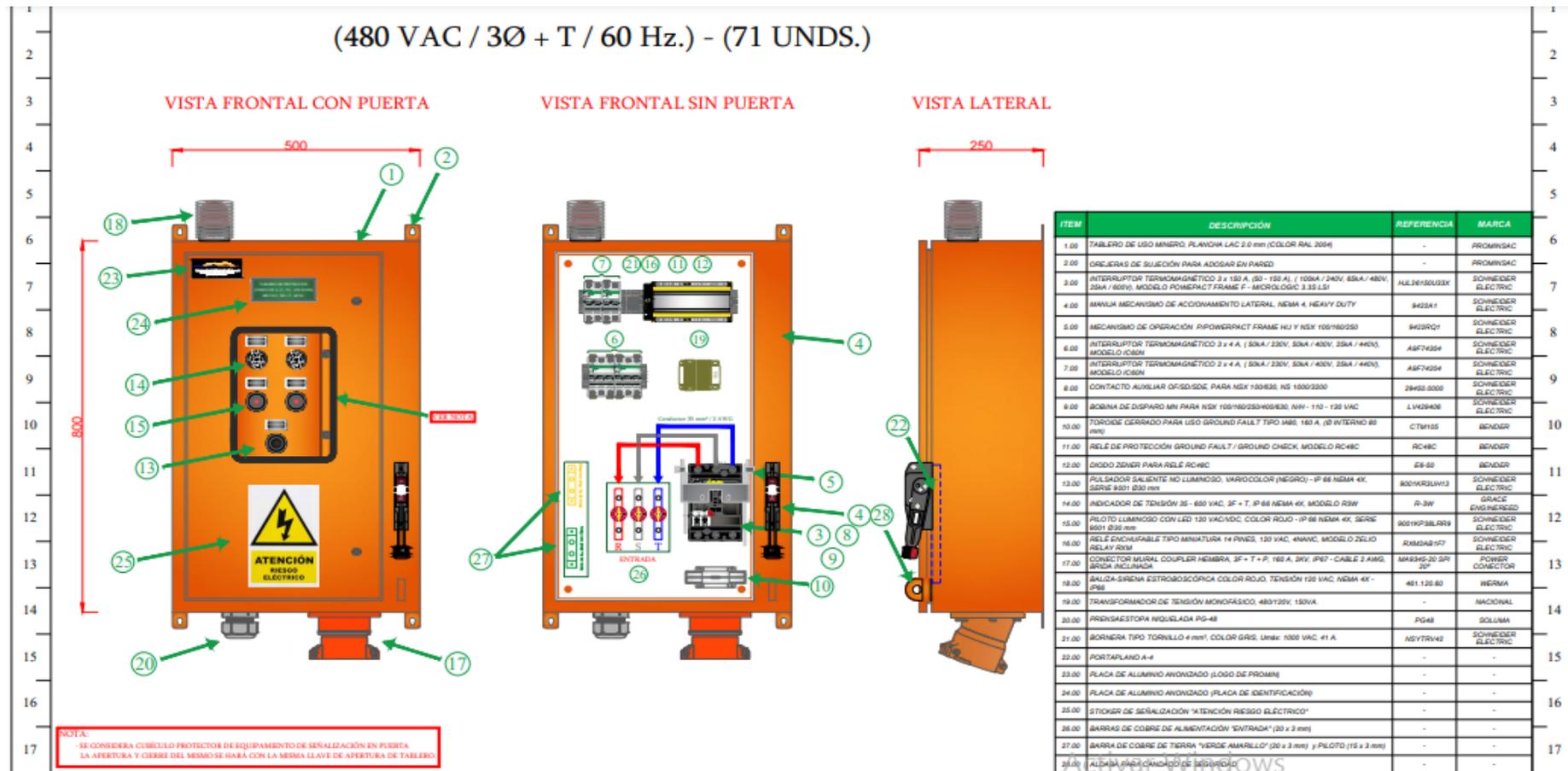


Figura 16. Tablero de vistas. Tomada de: Proveedores Mineros.

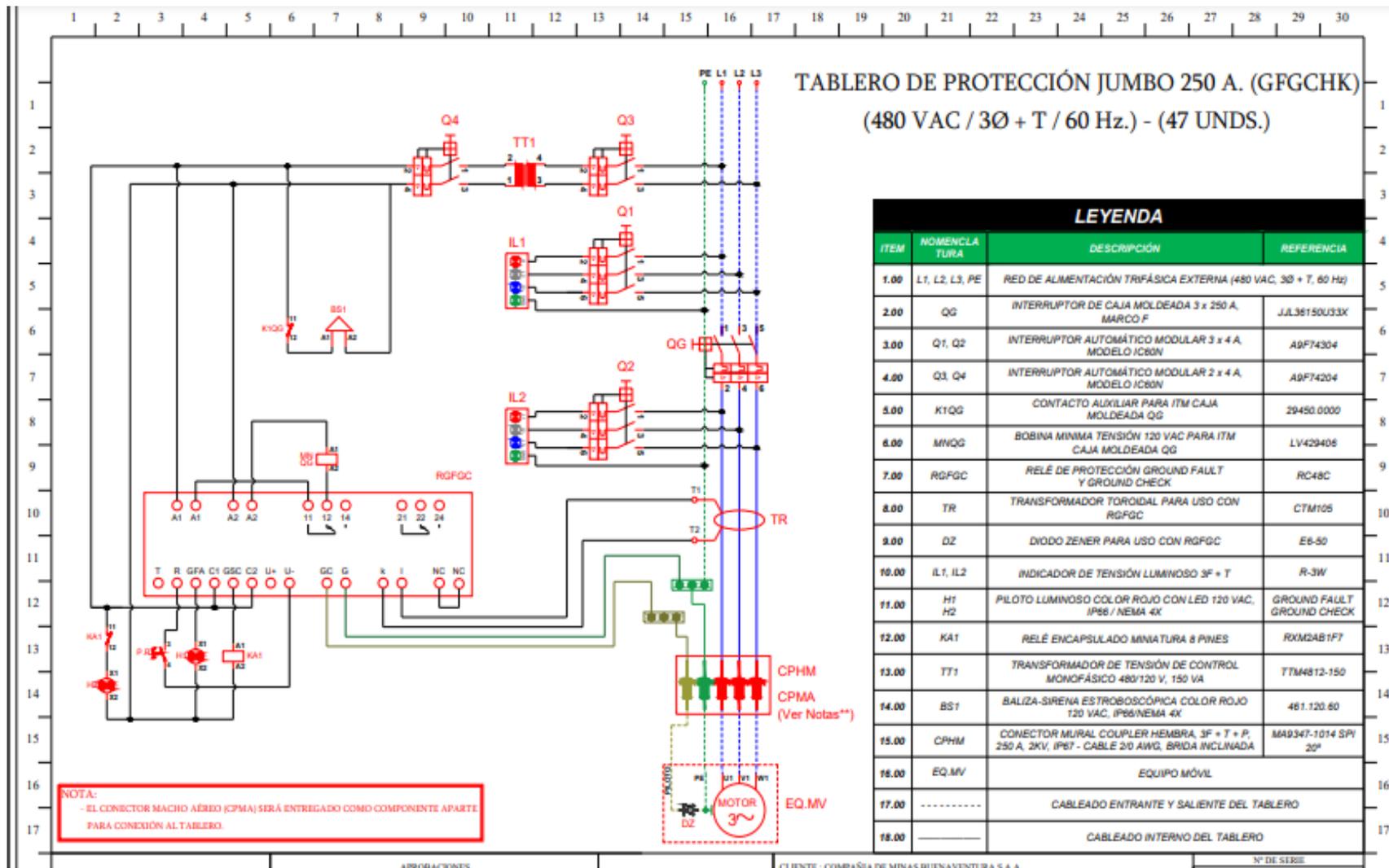


Figura 17. Tablero de protección. Tomada de: Proveedores Mineros.

La imagen representa un tablero eléctrico de protección diseñado para operar bajo condiciones industriales de 480 VAC / 3 fases con conexión a tierra (T) y una frecuencia de 60 Hz.

Diseño modular y funcionalidad:

El tablero contiene componentes esenciales para garantizar la seguridad y continuidad del suministro eléctrico, incluyendo interruptores termo magnéticos, relés de protección y conectores específicos. Ello permite un mantenimiento eficiente y de fácil reemplazo de componentes.

Seguridad operativa:

Elementos como el relé Ground Fault / Ground Check y los interruptores con bobina de disparo, proporcionan una protección avanzada contra fallas a tierra, reduciendo riesgos para los operadores y asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

Optimización del mantenimiento:

La disposición clara y accesible de los componentes permite diagnósticos rápidos y una reposición eficiente, aspectos fundamentales desde el punto de vista de la gestión de activos industriales.

Estandarización:

El tablero cumple con normativas eléctricas y de seguridad, lo que asegura que pueda integrarse en sistemas industriales existentes sin comprometer la calidad o la seguridad.

Aspectos técnicos destacados:

- Vista frontal con puerta: protege los componentes internos contra el polvo, agua y otros elementos externos.
- Vista frontal sin puerta: muestra el interior del tablero con componentes críticos como fusibles, relés y secciones de prueba.
- Vista lateral: permite observar los puntos de conexión externa y el acceso a las líneas de entrada/salida.

4.2.2 Técnicas

Para responder a la pregunta de investigación, se utilizará una combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas que permitan un análisis integral del impacto de los tableros

eléctricos con sistema Ground Fault y Ground Check y conectores pentapolares. Las principales técnicas son las siguientes:

Encuestas estructuradas:

Se aplicarán encuestas a los operarios y técnicos que utilizan los tableros eléctricos, con preguntas abiertas, para evaluar su percepción sobre la seguridad, facilidad de uso y nivel de protección ofrecido por el nuevo sistema en comparación con el anterior.

La entrevista:

Se llevarán a cabo entrevistas con responsables de mantenimiento eléctrico y supervisores para profundizar en sus experiencias y opiniones sobre la eficiencia y seguridad del sistema Ground Fault y Ground Check y los conectores pentapolares. Siendo la pregunta de la investigación.

Análisis documental:

Se revisarán informes técnicos y registros de incidentes eléctricos previos y posteriores a la implementación del nuevo sistema, para identificar cambios cuantificables en la ocurrencia de accidentes o fallas relacionadas con los sistemas eléctricos.

Para el mismo, se utilizará la entrevista para esta investigación, la cual se formula en una pregunta: ¿cómo influye la implementación de tableros eléctricos con sistema Ground Fault y Ground Check y conectores pentapolares en la seguridad y protección de los equipos y usuarios frente a los riesgos asociados al uso de sistemas eléctricos tradicionales?

Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades:

Los equipos y materiales utilizados para la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check son los siguientes:

- a) Mego metro digital de la marca fluke.

Función: permite medir el aislamiento de los cables entre fases y fase a tierra y el aislamiento del motor eléctrico, posee las siguientes características:

- Prueba de testeo: 500, 1000, 2500 y 5000 V.
- Medidas hasta 1 Tera Ohmio.
- Medida de capacidad hasta 15 uF.
- Incluye los cables de comunicaciones y software.



Figura 18. *Megometro.*

b) Indicador de campo rotativo

Función: sirve para medir el sentido de rotación de las fases, donde se utilizan en suministros trifásicos para alimentar motores eléctricos. Tiene las siguientes características:

- Rango de voltaje - 40-700V
- Dimensiones: 124 x 61 x 27 mm
- Peso: 200g
- Alimentación eléctrica: de una unidad de comprobación



Figura 19. *Indicador campo rotativo.*

c) Pinza Amperimétrica marca fluke:

Función: tiene varias funciones como medir consumo, voltaje y resistencia en corriente AC y DC. Sus características son:

- Su tecnología inalámbrica permite desplazar la pantalla hasta 10 m del punto de medida.
- Precisión de la medida.
- Cuenta con una sonda flexible de corriente que amplía el rango de medida hasta 2500 A de CA.
- CAT IV 600V, CAT III 1000V.
- El transmisor de radio establece automáticamente el rango de medida correcto.
- Estuche de transporte flexible



Figura 20. *Pinza Amperimétrica.*

d) Tablero con protección

Funciones: es un tablero eléctrico de potencia, donde están instalados los circuitos de control para una protección del Ground Fault y Ground Check. Sus características son:

- Mecanismo de operacional p/powerpact frame h/j y nsx 100/160/250, interruptor termomagnético 3 x 150 a, (50 - 150 a), (100ka / 240v, 65 ka / 480 v,25 ka / 600v), modelo powerpact frame f - micrologic 3.3s lsi. Bobina de disparo mn para nsx 100/160/250/400/630, n/h - 110 - 130 vac, relé de protección ground fault / ground check, modelo rc48c, toroide cerrado para uso ground fault tipo ia80, 160 a, (ø interno 80, manija mecanismo de accionamiento lateral, nema 4, heavy duty.



Figura 21. *Tablero Ground Fault y Ground Check.*

e) Conector pentapolares:

Funciones: Es un conector de energía eléctrica 440 VAC- 3~ con una capacidad de 250 Amperios.



Figura 22. *Conectores pentapolares*

f) Diodo Zener

Funciones: Este componente eléctrico se utilizan como reguladores de voltaje de un circuito eléctrico, a pesar de los cambios en la carga o la tensión de entrada de dicho componente.



Figura 23. *Diodo Zener.*

g) Relé

Funciones: es un relé de seguridad que monitorea los dispositivos de seguridad como paradas de emergencia, sensores de puerta y luces, entre otros. Sus características son:

- Tensión de alimentación: 24V DC
- Número de canales: 2
- Contacto de seguridad: 4
- Función: Retardo temporal

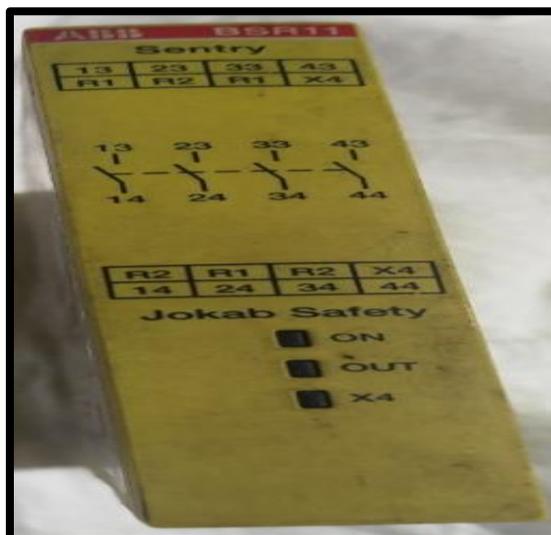


Figura 24. *Relé.*



Figura 26. *Terminal eléctrica.*

- j) Herramientas de mano:
- Alicata universal dieléctrico
 - Destornilladores estrella dieléctrico
 - Destornilladores plana dieléctrico
 - Pelador de cable dieléctrico
 - Cinta aislante super 33+ de 19mm X 20.1mX0,177mm
 - Cinta vulcanizaste súper 33+ de 19mm X 20.1mX0,177mm
 - Detector de tensión marca fluke

4.3 Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1 Cronograma de actividades realizadas

En esta actividad, sobre la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check se realizó de la siguiente manera:

- a) Recopilación de información del sistema Ground Fault y Ground Check.
- b) Se realiza una capacitación al personal de mantenimiento sobre este sistema ground fault y ground check a las tres guardias.
- c) Se elabora un diagrama eléctrico para la incorporación del sistema de protección al equipo Simba.
- d) Se presenta informe al Ingeniero mecánico eléctrico para su aprobación.
- e) Requerimiento de los repuestos a utilizar para la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check del Simba.
- f) Programar la salida del equipo de operaciones, para la implementación.

- g) Se realiza el respectivo megado del estado de aislamiento del cable 440 VAC 3~.
- h) Se instala los conectores pentapolares en un extremo del cable de potencia.
- i) Se instalan el circuito eléctrico para el diodo zener, relay, para el pulsador de testeo.
- j) Se realizan pruebas en taller sobre la instalación del sistema Ground Fault y Ground Check.
- k) Capacitar a los operadores sobre el funcionamiento del sistema Ground Fault y Ground Check.
- l) Se realiza seguimiento en operación sobre el comportamiento del sistema de protección del equipo Simba.
- m) Realizar encuesta a los operadores y ayudantes sobre el sistema Ground Fault y Ground Check.
- n) Seguimiento a la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check a todos los equipos simba y Jumbos de perforación.

Con estas actividades se desarrolló el cuadro que representa las actividades en el tiempo programado.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																				
N	Actividades	RESPONSABLE	nov-22	dic-22	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	
1	Recopilación de información del sistema Ground Fault y Ground Check.	Apoyo de gestion de mantenimiento	■																	
2	Se realiza una capacitación al personal de mantenimiento sobre este sistema ground fault y ground check a las tres guardias.	Apoyo de gestion de mantenimiento	■																	
3	Se elabora un diagrama eléctrico para la incorporación del sistema de protección al simba.	Apoyo de gestion de mantenimiento		■																
4	Se presenta informe al Ingeniero mecánico eléctrico para su aprobación.	Apoyo de gestion de mantenimiento			■															
5	Requerimiento de los repuestos a utilizar para la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check del Simba.	Apoyo de gestion de mantenimiento				■	■	■	■	■	■	■								
6	Programar la salida del equipo de operaciones, para la implementación.	Apoyo de gestion de mantenimiento											■							
7	Se realiza el respectivo megado del estado de aislamiento del cable 440 VAC 3"	Apoyo de gestion de mantenimiento											■							
8	Se instala los conectores pentapolares en un extremo del cable de potencia	Apoyo de gestion de mantenimiento											■							
9	Se instalan el circuito eléctrico para el diodo zener, relay, para el pulsador de testeo	Apoyo de gestion de mantenimiento											■							
10	Se realizan pruebas en taller sobre la instalación del sistema Ground Fault y	Apoyo de gestion de mantenimiento											■							
11	Capacitar a los operadores sobre el funcionamiento del sistema Ground Fault y Ground Check	Apoyo de gestion de mantenimiento											■	■						
12	Se realiza seguimiento en operación sobre el comportamiento del sistema de protección del equipo Simba	Apoyo de gestion de mantenimiento													■	■	■			
13	Realizar encuesta a los operadores y ayudantes sobre el sistema Ground Fault y Ground Check.	Apoyo de gestion de mantenimiento																■		
14	seguimiento a la implementacion del sistema ground fault y ground check a todo los equipos simba y jumbo	Apoyo de gestion de mantenimiento																		■

Figura 27. Cronograma de actividades.

4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

El proceso de planificación y el requerimiento de repuestos son fundamentales para garantizar la continuidad operativa y la disponibilidad de los equipos en la mina Tambomayo, especialmente en el área de mantenimiento de los equipos de perforación hidráulica Simba. El objetivo principal de este proceso es asegurar que los equipos estén operativos y que las interrupciones por fallas sean minimizadas, contribuyendo a la optimización de recursos y a la reducción de costos operativos.

a) Identificación de repuestos necesarios

- Monitoreo del estado de los equipos: el primer paso en la planificación es monitorear constantemente el estado de los equipos. Se lleva a cabo un seguimiento a través de los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. Además, se recopila información sobre el desempeño de los equipos y los repuestos que están cerca de su fin de vida útil o que han mostrado signos de deterioro, basándose en los informes de fallas previas y las inspecciones regulares.
- Análisis de necesidades: con base en los resultados de las inspecciones y el historial de mantenimiento de los equipos Simba, se identifican los repuestos necesarios para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas mecánicos y eléctricos. Esto incluye componentes críticos como conectores pentapolares, cables y piezas de los sistemas hidráulico y eléctrico.

b) Evaluación de repuestos disponibles

- Revisión del inventario: se realiza una revisión exhaustiva del inventario de repuestos en almacén para determinar si los repuestos necesarios están disponibles o si se requiere un nuevo pedido de compra. La utilización de sistema SAP permite un control eficiente y en tiempo real de los niveles de inventario.
- Análisis de repuestos críticos: en caso de que los repuestos no estén disponibles, se identifican los componentes críticos que podrían afectar la disponibilidad de los equipos. Estos repuestos deben ser priorizados para su adquisición inmediata, ya que su ausencia podría generar paradas no programadas en la operación minera.

c) Generación de requerimientos

- Documentación de la solicitud: el bachiller, en coordinación con el ingeniero mecánico, genera un requerimiento formal de repuestos. Este documento incluye los números de

parte, descripción y cantidades de los repuestos necesarios. También se incluyen detalles como el proveedor recomendado, basándose en la fiabilidad y costos competitivos.

- Aprobación del requerimiento: el requerimiento de repuestos es revisado y aprobado por el jefe de mantenimiento o el superintendente de mantenimiento, asegurando que los costos sean razonables y que los repuestos solicitados sean los más adecuados para las condiciones operativas de los equipos Simba.

d) Gestión de la compra de repuestos

- Solicitud a proveedores: una vez aprobado el requerimiento, el departamento de compras realiza la solicitud de los repuestos a los proveedores mineros. Dependiendo de la urgencia y disponibilidad de los repuestos, se priorizan las órdenes de compra para asegurar la entrega puntual.
- Control del proceso de compra: el bachiller realiza un seguimiento al proceso de compra, verificando que los plazos de entrega y los costos estén alineados con los presupuestos y los requisitos operativos. En este proceso, se utiliza el sistema SAP para el registro y control de las órdenes de compra.

e) Recepción de repuestos y almacenaje

- Recepción de materiales: una vez que los repuestos son entregados, el personal de almacén se encarga de la recepción y verificación de los materiales. Esto incluye asegurar que los repuestos entregados coincidan con el requerimiento original en términos de cantidad, calidad y tipo de repuesto.
- Almacenaje y distribución: los repuestos se almacenan de acuerdo con su tipo y uso en el área correspondiente del almacén. El bachiller organiza la distribución de los repuestos al área de mantenimiento para su utilización inmediata o futura según los programas de mantenimiento.

f) Planificación de actividades de mantenimiento

- Integración con el plan de mantenimiento: los repuestos adquiridos son integrados al programa de mantenimiento preventivo y correctivo. Se asegura que el equipo de mantenimiento tenga acceso a los repuestos adecuados para realizar las reparaciones o reemplazos de componentes de manera oportuna, sin retrasos.
- Seguimiento de tiempos de mantenimiento: el bachiller realiza un seguimiento de las actividades programadas para el uso de repuestos, asegurándose de que las reparaciones

o reemplazos se realicen en el tiempo estipulado para evitar la interrupción de las operaciones mineras.

g) Evaluación de la eficiencia del proceso

- Revisión post-mantenimiento: una vez realizados los trabajos de mantenimiento, se realiza una evaluación del rendimiento de los repuestos instalados. Esto incluye la revisión de la durabilidad de los componentes, el tiempo de inactividad de los equipos y la eficacia de la intervención realizada.
- Retroalimentación y mejora: con base en los resultados, se realizan ajustes en el proceso de planificación y requerimiento de repuestos para optimizar el control de inventarios y mejorar la eficiencia en las futuras actividades de mantenimiento.

h) Proceso y secuencia operativa sobre la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check

- Planificación: el bachiller realiza un programa para la implementación del sistema ground fault y ground check y se presenta al área operativa para que pueda liberar el equipo y salir a taller de mantenimiento para implementar este sistema de protección.
- Generar charla de seguridad: antes de realizar los trabajos sobre la implementación el bachiller gestiona e imparte charlas de 5 minutos en temas de seguridad y motivación, y da las recomendaciones que se debe de tener para ejecutar un trabajo.
- Gestionar el llenado de herramienta de gestión IPERC, en esta actividad el bachiller se encarga de realizar las órdenes de trabajo y hacer firmar con el ingeniero mecánico, para la entrega al personal técnico, para que realicen los trabajos y hacer seguimiento en el correcto llenado en el cuaderno de operación segura.
- Gestionar el requerimiento de repuestos del almacén, el bachiller realiza la gestión de los recursos de almacén para la implementación del sistema ground fault y ground check
- Inspección de herramientas y equipos, el bachiller entrega formatos para la inspección, para verificar el estado de las herramientas y en las condiciones que se encuentran o para realizar un cambio por deterioro.
- Bloqueo de puntos de energía que alimentan al equipo para su funcionamiento, en esta actividad el bachiller cumple la función de supervisión y bloquea al equipo para que realicen trabajos y supervisar en el cumplimiento de bloqueo grupal de todo el personal.
- Se realiza el megado de aislamiento de cable de potencia 440VAC.
- Se instala los conectores pentapolares al extremo del cable de potencia.

- Se instala el tablero con sistema de protección ground fault y ground check para la alimentación de energía al equipo.
- Se habilita el sistema eléctrico de protección en el colector del equipo y en el tablero A10.
- Se procede a instalar el diodo zener en el tablero A41.
- Se realizan pruebas del funcionamiento del sistema ground fault y ground check en el equipo.

4.3.3 Costos generados en el proyecto ejecutado

Se detalla los costos de los materiales utilizados en la implementación del sistema Ground check y y ground fault en la siguiente tabla.

Tabla 5. Costos generados en el proyecto.

Nº	MATERIAL	COSTO UND. \$	CANT.	COSTO TOTAL
1	TABLERO DE ALIMENTACION 150AMP. GRD F/C	3,094.94	1.00	3094.94
2	DIODO ZENER E6 -50 BENDER	95.53	1	95.53
3	RELE 2TLA010040R0200	142.2	1	142.2
4	BLOQ CONTACTO ZBE-101 SCHIDER	4.46	2	8.92
5	CONECTOR PM9347-1011 SP POWERCONECTOR	519.09	1	519.09
6	CABLE AUTOMOTRIZ DE 25 MM	0.23	10	2.3
7	CINTA AISTANTE 3M	3.8	1	3.8
8	TERMINALES ELECTRICOS	0.3	2	0.6
TOTAL \$				3867.38

La empresa realizó una inversión de \$ 3867.38 dólares en la implementación del sistema de protección de Ground Fault y Ground Check por equipo de perforación Simba, en beneficio por la seguridad de todo su trabajador, en temas de riesgo eléctrico.

Beneficios de la inversión:

Con este sistema de protección se optimiza el rendimiento del equipo Simba, en operación en metros perforados, para realizar un minado mayor de mineral, por 10 horas de trabajo o una jornada, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Beneficios de la inversión.

N.	Metros perforados	Costo de M/p	Costo total	Benefició costo
Antes	300 metros	\$ 15	\$ 4500	
Ahora	320 metros	\$ 15	\$ 4800	\$ 300

Con la implementación de este sistema de protección, la empresa logró mejorar en metros perforados en un 5% y un costo de recuperación de \$ 300 dólares por jornada de trabajo del equipo por 30 días. La compañía tiene una recuperación \$ 9.000,00 dólares mensuales.

También se redujo costos en el cambio de componentes eléctricos, como son los conectores unipolares por un desgaste prematuro con los conectores pentapolares y de esta forma reduciendo costos de operación como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 7. Costos en el cambio de componentes eléctricos.

N°	Conectores	Costo de conectores	Tiempo/Anual	Costo total
Antes	Conectores tradicionales	\$ 230	3	\$ 690
Ahora	Conectores pentapolares	\$518	1	\$ 518

Con esta implementación, también se logró optimizar los recursos como son los conectores pentapolares del sistema Ground Fault y Ground Check, y con un costo de recuperación de \$ 172 dólares por año.

Por otro lado, lo más relevante es que se tiene por objetivo minimizar el riesgo eléctrico de los colaboradores, reduciendo el contacto directo con la energía eléctrica, el sistema Ground Fault y Ground Check está diseñado para evitar los accidentes por riesgo eléctrico, sean leves, incapacitantes o mortales, ya que la energía eléctrica es un peligro de alto potencial. Asimismo, las multas pueden ser elevadas para la empresa si se detecta una condición sub estándar por SUNAFIL, como se muestra en el cuadro y anexo 12.

Tabla 8. Multas.

Nº	Descripción	Trabajadores en planilla	Multa/ Gastos
1	Accidente mortal	500 a más trabajadores	S/.220.000,00
2	Accidente Incapacitante	Indemnización al trabajador por parte de la empresa	S/.50.000,00
3	Accidente temporal o leve	Contrato temporal de personal para cubrir el puesto de trabajo por 3 meses	S/. 15.000,00

Los costos o multas son referenciales cuando ocurre un accidente mortal, SUNAFIL evalúa y determina las condiciones sub estándar y realiza un cálculo en base a la cantidad de trabajadores que pudieran haber sido afectados.

En el caso de accidentes incapacitante, se realiza una indemnización al trabajador por parte de la empresa en mutuo acuerdo, más la gestión de jubilación.

En un accidente leve, la empresa realiza un contrato temporal para cubrir el puesto de trabajo, incrementado horas hombre para una sola actividad.

Por la implementación Ground Fault y Ground Check, se reduce en un 99 % el riesgo eléctrico, dando seguridad a los operadores en general en la operación minera y evitar estos gastos que puede afectar en el desarrollo de la empresa.

Los beneficios de la empresa dentro de un periodo de un año, es cero accidentes por energía eléctrica obteniendo un margen de ganancia, por multas, indemnizaciones y contratos temporales, al no incurrir la empresa, el costo total de ganancia es de S/. 285 000.00 soles.

Lo más importante es dar un valor agregado en la seguridad de sus colaboradores en temas de riesgo eléctrico ya que la vida humana no tiene precio para la empresa.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Resultados

En la aplicación de las ocho encuestas realizadas al personal operador de equipos y técnicos mecánicos, sobre: ¿cómo influye la implementación de tableros eléctricos con sistema Ground Fault y Ground Check y conectores pentapolares en la seguridad y protección de los equipos y usuarios frente a los riesgos asociados al uso de sistemas eléctricos tradicionales?, como resultado de la encuesta se obtuvo que el 100% del personal encuestado menciona que el sistema Ground Fault y Ground Check es más eficiente en temas de seguridad y los tableros son más herméticos y maniobrable en riesgo eléctrico.

Tal como se detallamos en la siguiente tabla y anexo.

Tabla 9. Influencia de la implementación de tableros eléctricos con sistema Ground Fault y Ground Check

¿Cómo influye la implementación de tableros eléctricos con sistema Ground Fault y Ground Check y conectores pentapolares en la seguridad y protección de los equipos y usuarios frente a los riesgos asociados al uso de sistemas eléctricos tradicionales?	
Tablero tradicional	Los tableros eléctricos tradicionales mostraban graves deficiencias de seguridad, utilizando conectores unipolares vulnerables a daños y riesgos de electrocución. Permitían el funcionamiento de equipos con cables dañados o en condiciones peligrosas, aumentando los accidentes eléctricos. Carecían de sistemas efectivos de detección de fallas y protección ante fugas de energía, exponiendo a los operarios y equipos a riesgos. Estas limitaciones evidencian la necesidad de implementar sistemas modernos, como los tableros con tecnología Ground Fault y Ground Check y conectores pentapolares, que ofrecen mayor seguridad y fiabilidad.
Tablero Ground Fault y Ground Check	Los tableros Ground Fault y Ground Check ofrecen una mejora significativa en seguridad eléctrica, protegiendo tanto a los equipos como a los usuarios. Estos sistemas censan fugas de energía y evitan el paso de corriente de 440V si detectan cables dañados o mojados, asegurando que el equipo no arranque hasta que se solucione el problema. Además, incluyen conectores pentapolares herméticos que garantizan una instalación más segura y reducen los riesgos durante la manipulación. Estas características brindan mayor confiabilidad y protección en entornos eléctricos exigentes.

Con respecto a la primera pregunta (“a”), sobre el tablero tradicional: los tableros eléctricos tradicionales no cumplían con estándares adecuados de seguridad, exponiendo a los operarios

y equipos a riesgos significativos. La implementación de sistemas modernos, como los tableros con tecnología Ground Fault y Ground Check y conectores pentapolares, representan una solución eficaz para garantizar la protección frente a fallas eléctricas. Los sistemas mejoran la detección de fugas de energía, evitan el funcionamiento en condiciones inseguras y proporcionan una mayor fiabilidad en operaciones críticas.

En relación con la pregunta (“b”). Los tableros Ground Fault y Ground Check mejoran significativamente la seguridad eléctrica al censar fugas de energía y evitar el paso de corriente en condiciones peligrosas. Su tecnología con conectores pentapolares herméticos asegura una instalación segura, reduciendo riesgos y garantizando confiabilidad en entornos exigentes.

Cronograma de capacitaciones para el personal de mantenimiento y operadores

Durante la implementación del sistema de protección en los equipos Simba, el bachiller como apoyo en la gestión de mantenimientos, planificó y realizó las capacitaciones a todos los operadores y técnicos, teniendo como objetivo: capacitar al personal en la implementación, manejo y mantenimiento del sistema de protección Ground Fault y Ground Check, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 10. Cronograma.

Semana	Capacitación	Duración	Responsable	Modalidad	Indicador de evaluación
1	Introducción al sistema Ground Fault y Ground Check	2 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Teórica (presencial/virtual)	Evaluación escrita breve
2	Componentes principales del sistema	3 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Teórica-práctica	Checklist de identificación de componentes
3	Funcionamiento eléctrico del sistema	3 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Teórica-práctica	Simulación y análisis de casos
4	Seguridad eléctrica y normativa vigente	2 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Teórica	Resolución de casos hipotéticos
5	Instalación y conexión de tableros	4 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Práctica	Supervisión de instalación
6	Identificación y solución de fallas	3 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Teórica-práctica	Simulación de resolución de fallas
7	Mantenimiento preventivo del sistema	4 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Práctica	Checklist de tareas preventivas
8	Protocolos de emergencia y desconexión segura	3 horas	Apoyo en la gestión de mantenimiento	Teórica-práctica	Ejercicio práctico de simulacro

Planificación de las capacitaciones:

Tabla 11. Planificación de capacitaciones.

Frecuencia	Duración total	participantes	recursos	Evaluación final
1 sesión por semana Duración 2 meses	24 horas (8 sesiones).	Todo el personal de mantenimiento y operadores directamente involucrados con el sistema.	Salón de capacitaciones, tableros demostrativos, material didáctico y equipos simuladores.	Test teórico-práctico al finalizar el segundo mes.

5.2 Resultados finales de las actividades realizadas

A lo largo de los últimos años, el bachiller ha llevado a cabo diversas actividades en la implementación y mejora de sistemas de protección en equipos Simba, obteniendo resultados altamente positivos en varios aspectos clave de la operación minera. Los resultados han contribuido significativamente a la optimización de procesos, seguridad operativa y reducción de costos, lo cual es un enfoque esencial en la Ingeniería Industrial.

a) Minimizar la fuga de energía:

La implementación del sistema de Ground Fault y Ground Check ha logrado minimizar las fugas de energía en los equipos de perforación Simba. Ello no solo ha incrementado la seguridad de los operadores, sino que también ha evitado posibles riesgos eléctricos, contribuyendo a un ambiente laboral más seguro. Desde una perspectiva de Ingeniería Industrial, esta mejora es crucial porque asegura la fiabilidad y continuidad operativa de los equipos, elementos clave en la gestión de la calidad y seguridad industrial.

b) Reducción del contacto con los conectores pentapolares 440VAC:

Con la implementación del sistema de protección, el contacto con los conectores pentapolares de 440VAC ha sido reducido significativamente. El cambio ha permitido que los operadores sólo necesitan conectar los conectores una sola vez, optimizando el tiempo de operación y reduciendo el riesgo de desgaste de componentes. Desde la Ingeniería Industrial, este es un ejemplo de optimización de recursos y reducción de desperdicio.

c) Reducción del deterioro de los conectores pentapolares:

Gracias al sistema de protección, el deterioro de los conectores ha disminuido, lo que ha reducido los costos de mantenimiento y reemplazo de piezas. Este resultado resalta la importancia de la gestión de activos y la gestión de inventarios, donde se busca optimizar el uso de los repuestos y evitar paradas no programadas que afecten la producción.

d) Mejora en las conexiones eléctricas de los equipos Simba:

El sistema de protección ha permitido mejorar la eficiencia de las conexiones eléctricas, asegurando que los conectores pentapolares no se calienten ni presenten problemas de conexión. Esto se debe a que los conectores ya no están expuestos al agua y lodo, lo que incrementa la vida útil de los componentes y asegura que los equipos Simba mantengan altos estándares de rendimiento. Desde un punto de vista industrial, este resultado refleja una mejora en la confiabilidad de los sistemas eléctricos y contribuye al mantenimiento predictivo.

5.3 Logros alcanzados

Los logros alcanzados durante este período de trabajo reflejan un alto grado de aplicación práctica de los conocimientos en Ingeniería Industrial y un enfoque en la mejora continua de los procesos operativos. Los logros son los siguientes:

Logro 1: Cumplimiento de objetivos 2023-2024 en la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check

Para la implementación del sistema ground fault y ground check, el bachiller realizó las investigaciones sobre este sistema de protección y elabora un diagrama eléctrico y el requerimiento de tablero y repuestos para la instalación en los equipos móviles, como los Simbas y Jumbos con alimentación de energía de 440VAC. Gracias a la iniciativa del bachiller se logró implementar exitosamente los objetivos establecidos al inicio del proyecto.

Logro 2: Reducción del riesgo eléctrico en los equipos Simba

Con la participación del bachiller se logró minimizar el riesgo eléctrico en los equipos Simbas y Jumbos, este sistema de protección es un sistema avanzado que nos ayuda a proteger un riesgo eléctrico que puede presentar en el cable de alimentación y el equipo de perforación de taladros largos Simba, y los operadores se sienten más seguros al operar estos equipos con este sistema de protección. Este resultado es clave desde la perspectiva de seguridad industrial y gestión de riesgos, ya que garantiza un entorno de trabajo más seguro para los operadores.

Logro 3: Ausencia de quejas o incidentes desde la instalación del sistema

Desde la implementación del sistema de protección, el bachiller logró reducir quejas o incidentes relacionados con el riesgo eléctrico de parte de los operadores y ayudantes de los equipos, esto refleja un éxito rotundo en la gestión de la seguridad.

Logro 4: Capacitación efectiva del personal de mantenimiento y operadores

El personal de mantenimiento y los operadores han sido capacitados adecuadamente por parte del bachiller sobre el sistema de protección Ground Fault y Ground Check y sobre el sistema de funcionamiento, y las medidas a tomar cuando se presentan estos problemas o fallas en el equipo. La importancia de tener este sistema de protección es velar la seguridad de todos los colaboradores. El aspecto refleja la importancia de la gestión del conocimiento en Ingeniería Industrial.

Logro 5: Implementación exitosa del sistema en todos los equipos móviles

En la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check, el bachiller ha logrado incorporar este sistema de protección a todos los equipos de perforación en las diferentes marcas como Atlas Copco, Sandvik y RESEMIN, mejorando la homogeneidad de los procesos y garantizando la seguridad operativa en todas las áreas de mina.

Logro en el ámbito personal:

A nivel personal, el bachiller ha mejorado sus habilidades en gestión de recursos y en el uso de herramientas como SAP para hacer seguimiento a los repuestos. Este tipo de desarrollo personal y profesional es esencial en la gestión de operaciones industriales.

5.4 Dificultades encontradas

Las dificultades encontradas durante la implementación del sistema son comunes en proyectos de Ingeniería Industrial, donde se deben gestionar tanto los recursos técnicos como los recursos humanos. Las principales dificultades fueron:

- Falta de presupuesto para la adquisición de los tableros del sistema Ground Fault y Ground Check, lo que retrasó algunos de los avances iniciales.
- Resistencia al cambio por parte del personal técnico, quienes temían que la implementación de nuevos sistemas trajera consigo paradas adicionales de los equipos y aumento de tareas.

- Falta de apoyo inicial del personal encargado de la implementación, lo que dificultó la adopción tecnológica en el principio del proceso.

5.5 Planteamiento de mejoras

El planteamiento de mejoras busca continuar optimizando los procesos y superando las dificultades previas:

- Ampliación del sistema de protección a todos los equipos fijos y móviles (bombas sumergibles, ventiladores, etc.) para asegurar una protección integral de todos los sistemas eléctricos.
- Implementación de programas de mantenimiento preventivo específicos para los sistemas Ground Fault y Ground Check, asegurando su mantenimiento adecuado.
- Capacitación continua al personal sobre el uso adecuado de los conectores pentapolares y los sistemas de protección para mantener su eficiencia.
- Se plantea al jefe de Mantenimiento Mecánico a implementar este sistema de protección en todo los equipos móviles y fijos, como bombas sumergibles, ventiladores y extractores.
- Implementar programas de mantenimiento del sistema Ground Fault y Ground Check para el buen funcionamiento del sistema de protección.
- Capacitar al personal de operaciones sobre el cuidado de los conectores pentapolares para que funcionen de forma eficiente.
- Realizar pruebas del buen funcionamiento del sistema de protección Ground Fault y Ground Check trimestralmente según la evaluación del bachiller por las condiciones de trabajo que se tiene en mina.

5.6 Análisis

El análisis de la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check revela que los beneficios superaron las expectativas. La reducción de riesgos eléctricos y la mejora en la eficiencia operativa y seguridad laboral son elementos cruciales en la Ingeniería Industrial, que buscan maximizar los recursos y minimizar los costos operacionales. La adopción de tecnologías avanzadas en protección eléctrica también demuestra el valor de la innovación en la industria minera.

5.7 Aporte del bachiller en la empresa y/o institución

El bachiller ha aplicado los conocimientos adquiridos en la Universidad Continental de la carrera Ingeniería Industrial, para mejorar la gestión operativa y optimizar la seguridad en los procesos mineros. Gracias a su enfoque en la gestión de proyectos y la implementación de nuevas tecnologías, ha logrado una mejora significativa en la eficiencia y seguridad de la operación minera. Su capacidad de gestión de equipos, gestión de recursos y adaptación a nuevas tecnologías ha sido crucial para el éxito del proyecto.

CONCLUSIONES

La implementación del sistema de protección Ground Fault y Ground Check en los equipos de perforación Simba ha tenido un impacto positivo significativo en la seguridad laboral. La reducción de riesgos eléctricos en un 99%, ha proporcionado un entorno de trabajo mucho más seguro para los operadores y el personal de mantenimiento. Esto ha permitido una disminución en los incidentes relacionados con fallas eléctricas, lo que es un logro destacado desde la perspectiva de seguridad industrial.

La reducción del contacto con los conectores pentapolares y el deterioro de los mismos ha permitido aumentar la eficiencia de los equipos. El sistema de protección redujo la necesidad de reemplazo frecuente de componentes, lo que contribuye a una mayor disponibilidad de los equipos y reducción de los costos operativos. La mejora es un reflejo directo de la gestión de activos efectiva, y la optimización de recursos en el área de mantenimiento.

Con los conectores pentapolares se optimizó las conexiones eléctricas; de tal forma, se elimina el calentamiento de los conectores, y cuenta con dos tornillos de sujeciones en el acoplamiento entre el conector del tablero Ground Fault y Ground Check con el conector del equipo Simba, brindando una conexión segura y eficiente, brindando el buen funcionamiento de los equipos y reduciendo paradas, y para optimizar la producción.

La capacitación del personal sobre el funcionamiento y mantenimiento del sistema Ground Fault y Ground Check ha sido clave en el éxito del proyecto. El trabajo colaborativo entre el bachiller y los ingenieros encargados ha permitido que los operadores comprendan la importancia de los sistemas de protección, lo que ha fortalecido la gestión del conocimiento y la gestión del cambio dentro de la organización.

La adopción de sistemas de protección eléctrica avanzados refleja el compromiso de la empresa con la innovación tecnológica. Este tipo de implementaciones no solo mejora la seguridad, sino también la confiabilidad y la sostenibilidad de los procesos operativos a largo plazo. La Ingeniería Industrial desempeña un papel fundamental en integrar nuevas tecnologías que optimicen los procesos y aumenten la competitividad. El bachiller ha logrado cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto, incluyendo la implementación exitosa de los sistemas de protección en los equipos de perforación, la capacitación del personal y la mejora continua de los procesos operativos en el Área de Mantenimiento. Los logros demuestran una gestión eficiente de proyectos, un aspecto clave en la ingeniería industrial.

RECOMENDACIONES

Ampliación del sistema de protección a otros equipos: aunque la implementación del sistema Ground Fault y Ground Check ha sido exitosa en los equipos Simba, se recomienda extender esta tecnología a otros equipos móviles y fijos en la mina, como bombas sumergibles, ventiladores y extractores. La ampliación mejorará la seguridad global de todos los equipos y reducirá el riesgo de incidentes en otras áreas de la operación minera.

Mantenimiento preventivo continuo del sistema de protección: es importante establecer un programa de mantenimiento preventivo específico para el sistema Ground Fault y Ground Check. A través de revisiones regulares, pruebas y mantenimiento, se garantizará que estos sistemas continúen funcionando de manera óptima, lo que reducirá la posibilidad de fallas y aumentará la fiabilidad de los equipos a largo plazo.

Fortalecer la capacitación continua: a pesar de la capacitación inicial proporcionada, se recomienda seguir capacitando al personal de operaciones y mantenimiento sobre el uso adecuado de los sistemas de protección, así como los procedimientos de seguridad asociados. Esto asegurará que el personal esté siempre actualizado y preparado para manejar cualquier situación inesperada.

Optimización de la gestión de inventarios de repuestos: con el fin de evitar retrasos en el mantenimiento y asegurar la disponibilidad de los repuestos críticos, se debe seguir optimizando la gestión de inventarios. La implementación de un sistema más eficiente de control de inventarios permitirá tener un mejor seguimiento de los repuestos necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo, reduciendo los tiempos de inactividad de los equipos.

Monitoreo constante de la eficiencia del sistema: se recomienda realizar pruebas y monitoreo regulares del funcionamiento del sistema Ground Fault y Ground Check. Este monitoreo debe realizarse de manera trimestral o de acuerdo con las condiciones de trabajo para evaluar la efectividad del sistema y realizar ajustes si es necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SÁNCHEZ MONGA, D. Comprobación de sistemas de puesta a tierra mediante software: Check of grounding systems by means of software. [s.l.]: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2023.
2. ROSA CASTRO, Jose Javier; RIMAPA REQUEJO, Elmer Eli. Implementación de protección eléctrica en Media Tensión 10/22.9 kV para prevenir fallas en campo de simulación UCV-Chiclayo. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.
3. ESPINOSA QUISPE, José Antonio. Implementación de monitores de falla para mejorar la protección en los circuitos de baja tensión de las cargas móviles y movibles en la unidad minera Chungar-Volcan. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2023.
4. CAMASCA MILLÁN, Emerson. Influencia del tablero eléctrico “Grounding Check” en la protección del equipo de bombeo en la Minera Alparmarca Volcan, 2022. Huancayo: Universidad Continental, 2022.
5. FALCÓN CISNEROS, Fredy. Plan de mejora de la gestión del tiempo en el mantenimiento preventivo de equipos de perforación de minería subterránea en la empresa Epiroc Perú S.A. Lima: Universidad Alas Peruanas, 2021.
6. ATLAS COPCO. El Simba S7 ofrece una solución sostenible y de alta precisión para la perforación de barrenos largos. Chile: Atlas Copco, 2024.
7. WIKIPEDIA. Diodo Zener. [en línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_Zener.
8. AT3W. Software de proyectos (rayo, toma de tierra y sobretensiones). 2023. [en línea]. Disponible en: <https://at3w.com/blog/software-propio-herramienta-proyectos-proteccion-rayo-toma-de-tierra-sobretensiones>.
9. OMICRON. Pruebas eficientes para sistemas de puesta a tierra. 2018. [en línea]. Disponible en: <https://www.omicronenergy.com/download/document/1E389E2E-22B2-4FCA-88B8-D7A8451A155A>.
10. iMventa. TK-PAT. Puesta a tierra. [s.f.]. [en línea]. Disponible en: <https://www.imventa.com/tk-pat-puesta-a-tierra>.

11. ElectroEnergyIC. Online-en Vivo de Sistema Puesta a Tierra basado en el software CDEGS. 2023. [en línea]. Disponible en: <https://electroenergyic.com/curso/online-en-vivo-de-sistema-puesta-a-tierra-basado-en-el-software-cdegs>.
12. UNAL. Sistemas de puesta a tierra. 2010. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8215/eduardoantonioacanoplata.2010.pdf>.
13. UNCP. Implementación de sistema de utilización a tensión de distribución primaria 22.9 kV. [s.f.]. [en línea]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8592/T010_40445884_T_removed.pdf.
14. BENDER Latin America. Relés de monitorización y medida: RC48C. [en línea]. Disponible en: <https://www.bender-latinamerica.com/productos/reles-de-monitorizacion-y-medida/rc48c/>

ANEXOS

Anexo 01. Formulario de asistencia de charla motivacional.

INDUCCIÓN
 CAPACITACIÓN
 ENTRENAMIENTO
 SIMULACRO DE EMERGENCIA

Charla.

Fecha: 02/11/24 Hora de Inicio: 7:15 Hora de Término: 7:30 015 Hor

Instructor: Felix Bellini Firma: [Firma] Lugar: aula de Mantto.

Tema: Reflexión en la vida para seguir adelante.

ASISTENTES

N°	Nombres y Apellidos	DNI	AREA	EMPRESA	FIRMA	OBSERVACIÓN
1	Eduin Puma Cabu	48054931	Mantto	CHO-SA	[Firma]	
2	Felix Berquente B.	29660827	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
3	Lino Macho Manchazo	45364649	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
4	Xavier Masera A.	46295005	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
5	Marino Inga Huaira	46031867	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
6	Juan Vilcape Cuyagui pa	46137894	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
7	Juan Cayo Alvarez	41939910	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
8	Hugener Chui Wisa	44495115	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
9	Hilmer Carrero Quiza	43070807	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
10	Lorge Santalmo Villaver	41046413	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
11	Russel Arma Chico	47681509	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
12	Luis Huamani Huanca	42055158	Mantto	CMB-SAD	[Firma]	
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						

Anexo 02. Formato IPERC continuo.

LOGO EMPRESA		FORMATO IPERC CONTINUO P-COR-SUB-03-01A-F01						
IDENTIFICACION DE LA ACTIVIDAD / TAREA		Nombre de la Actividad / Tarea		Nombre de la Unidad				
INSPECCION EQUIPOS		TANQUE 440		TANQUE 440				
FECHA, LUGAR Y DATOS DE TRABAJADORES:								
FECHA	HORA	NIVEL / AREA	HORA DE INICIO	FECHA	HORA DE TERMINO			
20-11-2017	19:00	4740 INTERIOR MINA.	19:00	26-11-2017	00:00 AM			
NOMBRE			TAREA					
Luis SANCHEZ			Luz SANCHEZ					
GERMAN FERRER			WILSON POMA					
* Usar como guía el IPERC Línea Base - Campo								
DESCRIPCION DEL PELIGRO	RIESGO	EVALUACION IPERC			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACION PELIGRO RESIDUAL		
		A	M	B		A	M	B
CAIDAS AL MISMO NIVEL	GOLFES	13			CAMINAR POR ZONA SEGURO.			17
TRABAJO CON ENERGIA HOY	QUEMADO	13			LIBERAR PRESION.			17
MANIPULACION HERRAMIENTAS	CORTES	13			REVISAR CADA TRABAJO.			17
POVO	SINCOSES	13			USAR RESPIRADOR			17
RUIDO	HIPOGUÑA	13			USAR OREJERAS			17
TRASLADO DE	DERIZAME	13			USAR KIT			17
RESIDUOS	CONTAMINACION				ANTIDERRAMES			
PELIGROSOS.					BANDEJAS.			
Tema de Reunión Grupal Diaria: <i>Cuidado de mano</i>								
PARA SER LLENADO POR EL TRABAJADOR								
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO					RESPONSABLE			
1.					1.			
2.					2.			
3.					3.			
4.					4.			
5.					5.			
DATOS DE LOS SUPERVISORES RESPONSABLES								
Hora	Apellidos y Nombres	Medida Correctiva			Firma			

Anexo 03. Formato orden de trabajo

N° de OT:
N° de Aviso:
N° de Reserva:

ORDEN DE TRABAJO

Nombre del Trabajo:

Clases de Orden
 Mantenimiento Correctivo Programado (YM01) Mantenimiento Preventivo (YM02) Mantenimiento Correctivo No Programado (YM03)
 Mantenimiento Repotenciación (YM04) Mantenimiento Diversos (YM05) Mantenimiento Predictivo (YM07)

Clase de Actividad
 Preventivo (Z02) Parada de Planta (Z06) Reparación Mayor (Z10) Lubricación (Z11) Inspección (Z12)

Equipo: *Sonda #2* Descripción: Clase:
 Ubicación de Trabajo: Parada de Equipo: SI NO Frecuencia:

Parte Objeto	Síntoma	Causa
Programado	Fecha	Hora
Inicio	Real	Fecha
Final	Real	Fecha

HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD

Bloq. de Energías	MPPH	ATS	PETAR	E Confinado
IPERC	Check List	PETS	T. Altura	T Caliente

OPERACIONES

OPER	Descripción	Cant, Pers	HPlan	HReal	HHReal	Hora (Inicio - Fin)
	<i>* Cambio Check</i>					
	<i>* se puso grasa para la bomba de inyección de buchas</i>					
	<i>* se aumentó aire a los neumáticos de Compresor Ep 45</i>					
	<i>* requerimiento en operación</i>					

MANO DE OBRA

N°	Oper.	Codigo	Nombre	Puesto de Trab.	H. Prog	H. Reales
1			<i>Ricardo Rumberto</i>			
2			<i>Hilmar Carrero</i>			
3						
4						

MATERIALES

N°	Oper	Cod. Mater.	Descripción	Und	Cant. Prog	Cant. Usada
1						
2						
3						
4						
5						

OBSERVACIONES

STATUS EQUIPO: Operativo Inoperativo

Anexo 04. Formato de mantenimiento preventivo.

14 Julio 2024 07:42:28
N° de OT: 600041519
N° de Asesor: 10070668
N° de Reserva: 0600000000

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO
SCOOPTRAM DIESEL R1600H 6YD3 # 5**

Nombre Trabajo: INSP/CAMB FILTRO ADMI R1600H #5
Equipo: _____
Clase de Actividad: Z02 (Preventivo)
Ubicación Técnica: 1005-MI1-ECAR-SCOO-SCD0005 Parada de Equipo: SI NO Clase: _____
Denominación UT.: SCOOPTRAM DIESEL R1600H 6YD3 # 5 Tipo: _____

Programado	Fecha	Hora	Real	Fecha	Hora	Horometro	Notificado por
Inicio	14.07.2024	06:00:00	Inicio	17-07-24	6:00:00		
Final	14.07.2024	07:00:00	Final	17-07-24	7:00:00	548,7	

Parte Objeto: _____ Síntoma: _____ Causa: _____

HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD

Bloqueo Energía	<input checked="" type="checkbox"/>	MPPH	<input checked="" type="checkbox"/>	ATS	<input checked="" type="checkbox"/>	PETAR	<input checked="" type="checkbox"/>	E Confinado	<input checked="" type="checkbox"/>
IPERC	<input checked="" type="checkbox"/>	Check List	<input checked="" type="checkbox"/>	PETS	<input checked="" type="checkbox"/>	T. Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	T. Caliente	<input checked="" type="checkbox"/>

OPERACIONES

OPER	Pto.Trab.	Descripción	Cant.Pers	HHPlan	HReal	HHReal	Hora (Ini-Fin)
19	PMEC-EQU	INSP/CAMB FILTRO ADMI R1600H	2	1.0			

INSP/CAMB FILTRO ADMI R1600H
INSPECCION SEMANAL SCOOP R1600H

010 (✓) Verificar nivel de aceite de caja de transferencia (UPBOX).
020 (✓) Verificar nivel de refrigerante
030 (✓) Verificar nivel de aceite de transmisión (Hacer con motor encendido en mínimo).
040 (✓) Verificar nivel de aceite de motor.
050 () Purgar el agua del filtro separador de agua combustible.
060 (✓) Verificar el estado y tensión de la faja del alternador.
070 (✓) Verificar estado del filtro de aire de admisión
080 (✓) Verificar sistema de arranque del motor diesel.
090 (✓) Verificar estado de filtro de cabina interior y exterior.
100 (✓) Verificar nivel de aceite hidráulico.
110 (✓) Verificar estado de mangueras y conexiones hidráulicas/rozamientos/fugas de aceite en general.
120 (✓) Verificar reajuste y estado de bridas de articulaciones en general.
130 (✓) Verificar estado de labio de cucharón.
140 (✓) Llenar de grasa a bomba automática (AUTOLUBE) y evaluar su funcionamiento.
150 () Engrase general: articulaciones, puños del cucharón, Z bar y hueso de perro.
160 (✓) Verificar estado de mangueras y fittings.
170 (✓) Verificar estado de llantas.

INSPECCION Y PRUEBAS DE SISTEMA SEGURIDAD (PUERTA, CABINA, ETC).

010 (✓) Verificar funcionamiento de bloqueo de dirección (Joystick, traba, mecánica, sensor de puerta).
020 (✓) Verificar funcionamiento de sistema de operador presente.
030 () Verificar funcionamiento de bloqueo de paradas de emergencia (posterior izquierdo, derecho y cabina).
040 (✓) Verificar sistema de bloqueo automático de frenado.
050 (✓) Verificar funcionamiento de freno de servicio y parqueo.

CAMBIO DE FILTRO ADMISION

010 () Realizar cambio de filtro de aire primario
020 () Realizar cambio de filtro de aire secundario

Anexo 05. Programa SAP requerimiento de componentes.

Descripción	Te...	Ctd.neces.	UM
CINTA REFL 2"X50YD RJ 3932HIP 3M		1	ROL
VALV BOL 2C WCB 1" 2KPSI PT NPTH PA		1	UND
RELAY 33897 // 3217958301		1	UND
DIODO ZENER E6-50 BENDER		1	UND
VALV BOL 2C WCB 1/2" 2KPSI PT NPTH PA		1	UND
ELECTRODO 1/8" NAZCA PLUS 6011		20	KG
ELECTRODO 5/32" NAZCA CORTE		20	KG

Anexo 06. Documento dando a conocer la implementación del sistema de Grond check.

A. : Ing. Jaersinho Quispe Flores
DE : Tec. Lucio Freddy Huaynapata Cayllahua
: Tec. Fisher Quispe Riveros
ASUNTO : Implementacion del sistema GRong check en los equipos de perforación simba de taladros largos
FECHA : Tambomayo 20 de diciembre 2022

Sirva la presente para hacerle llegar mis más cordiales saludos, ocasión que aprovecho en dirigirme a usted para hacerle de conocer los siguiente.

1. DESCRIPCION PARA LA IMPLEMETACION DEL GROND CHECK

Para la implementación de este sistema de protección GROND CHECK en los equipos de perforación se tiene que incorporar un diagrama electrico desde el colector hasta el tablero principal y incorporar en el sistema de protección junto con las paradas de emergencia para luego instalar el diodo zender, los equipos Simbas que se tiene en la unidad son de la versión 2017 y no están activos estos sistemas de proteccion.

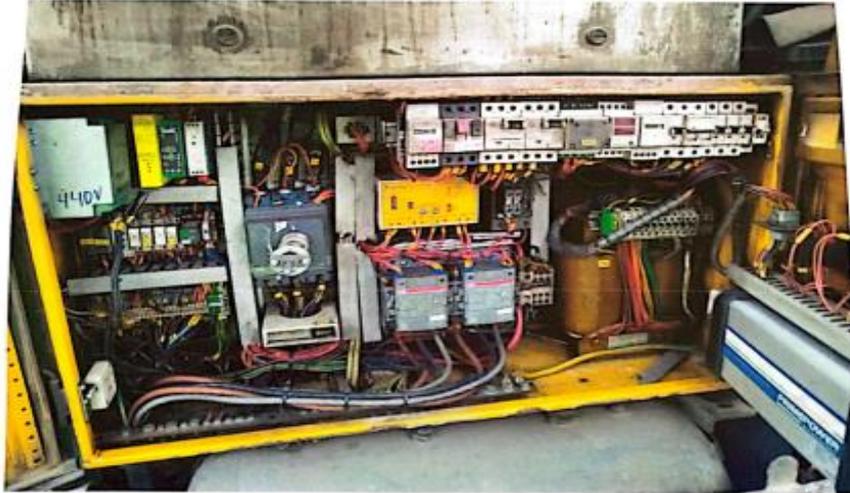


Colector

Tomar en cuenta, que en el colector y el tablero eléctrico del equipo se incorporarán conexiones electricas para que pueda trabajar el sistema de protección, para realizar estos trabajos por equipo tendrá un tiempo de una jorda que consta de 10 horas en taller superficie NV. 4740,

Anexo 07. Tablero de la implementación del sistema y los componentes utilizados.

requiere de 2 personales técnicos eléctricos para la implementación de dicho sistema.



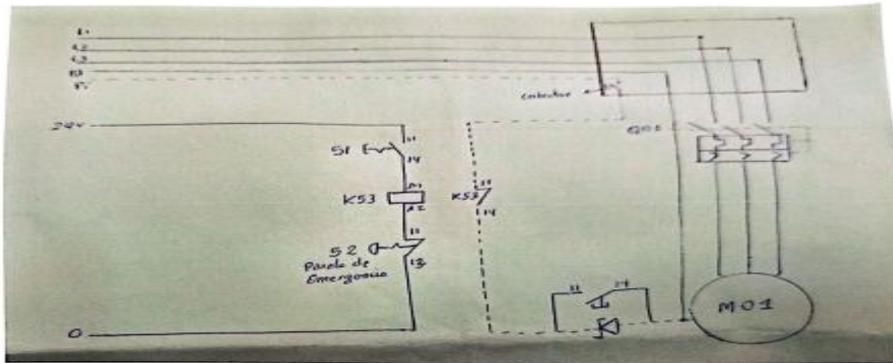
Tablero

REPUESTOS QUE SE REQUIERE PARA LA INSTALACION

- Diodo zender
- Relay K53
- Conectores automotriz tipo una 12 und.
- Cable automotriz # 16
- Cinta aislante 3M
- Pulsador de testeo
- Conector pentapolar

SE ADJUNTA EL DIAGRAMA ELECTRICO PARA LA INSTALACION

Anexo 08. Diagrama eléctrico de la instalación del sistema.



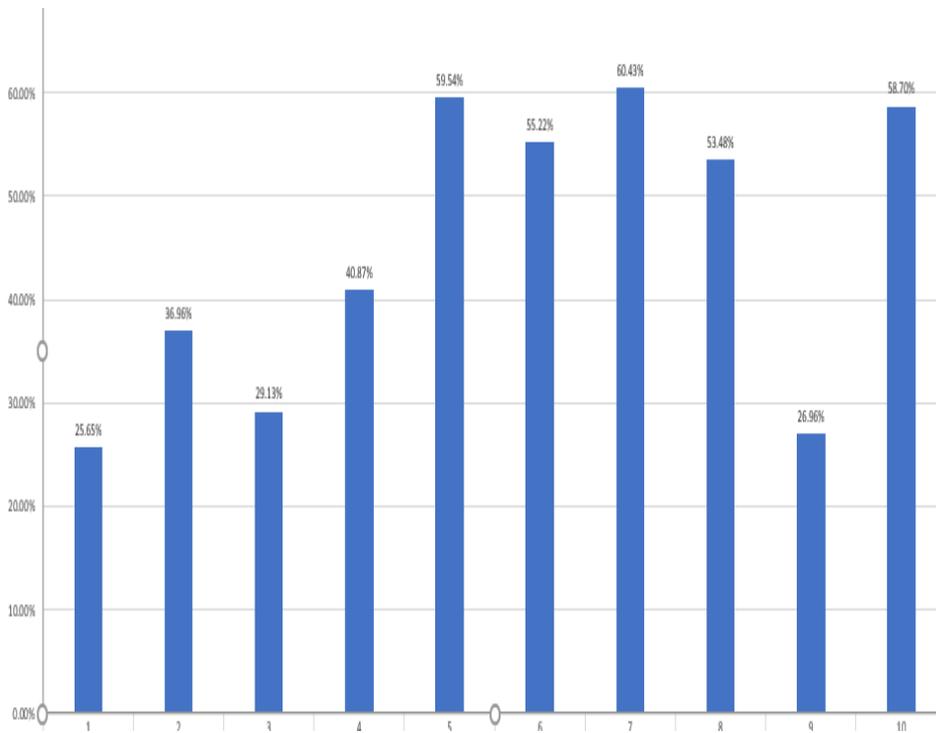
RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el requerimiento de dichos repuestos para realizar un programa de mantenimiento, para realizar los trabajos de incorporar este sistema de protección en los equipos para salvaguardar la vida humana en caso de un riesgo eléctrico.

Paul Mazarita
14/02/2014

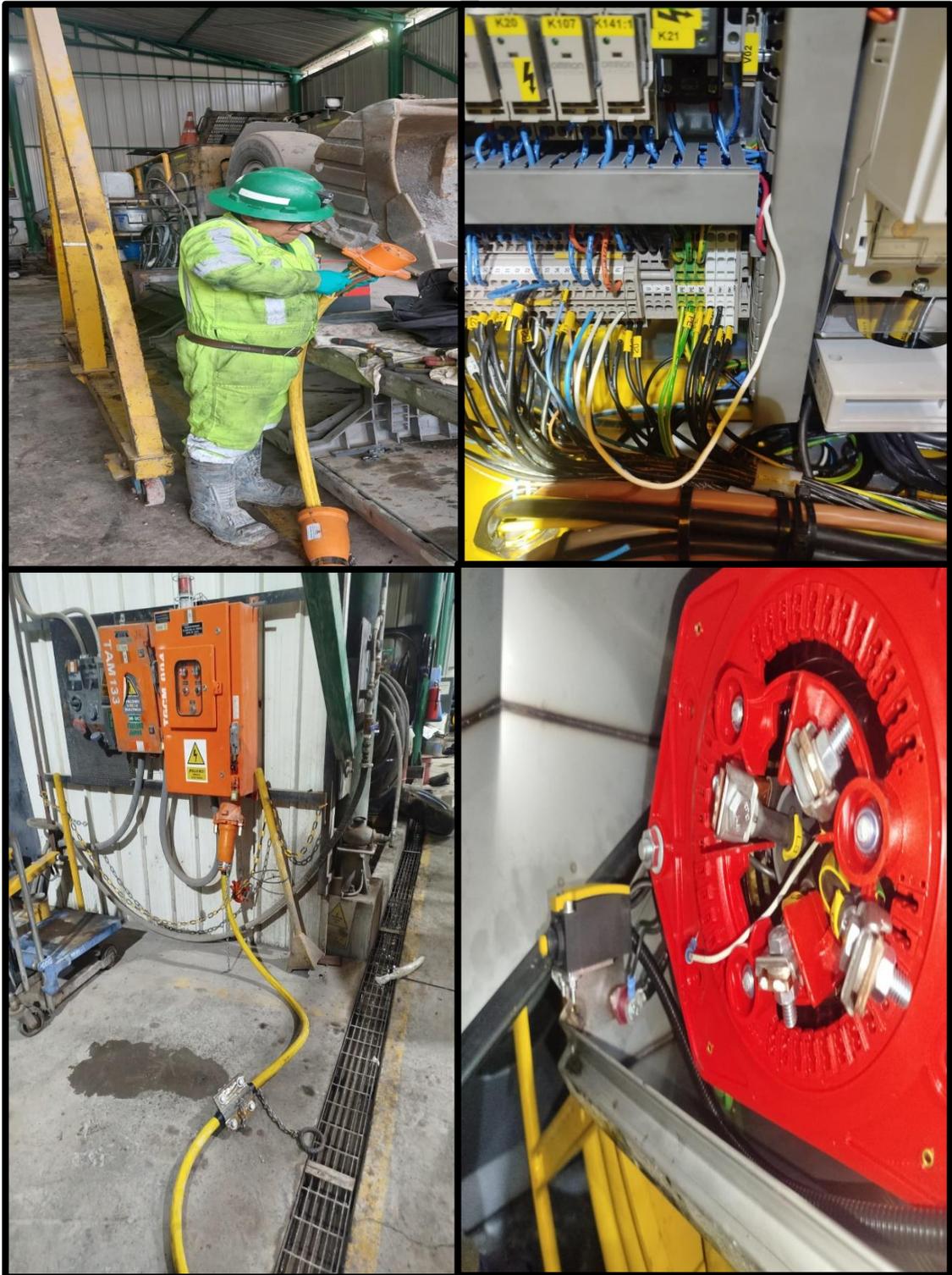
CIA. DE MINAS DE LA AVENTURA S.A.
SISTEMA DE MANTENIMIENTO MINA

Anexo 09. Gráfico de barras de KPI de disponibilidad de equipos.



Anexo 10. Tabla de respuestas de la encuesta relacionada al sistema.

ENCUESTA				
Fecha			Tablero tradicional	Tablero Ground Fault y Ground Check
N°	Nombre	Cargo	Comentario	Comentario
1	Alejandro Charalla M.	Op. Simba.	No brindaba la protección necesaria porque permitía trabajar con cables dañados	Cuando detecta cualquier cable dañado se protege el table y no pasa energía 440V al equipo
2	Walter Soto Delgado	Op. Jumbo.	Con el anterior dispones unipolares no era seguro sistema. Electrico.	Con el sistema Electrico nos ofrece mayor Seguridad.
3	Fredy Pacheco Tico	Op. Simba	Este tablero encierra con cualquier anomalía que presentaba el cable eléctrico	Este tablero eléctrico presenta mejora en cuanto a indicación eléctrica
4	Edilberto Arce E.	Op. Jumbo	Cuando Instalaba con los Chupones unipolares Mojados Normal prendía el equipo	Cualquier cable dañado o roscado se protege Energía 440V
5	Ortega Tello E- Leon	Tec. Mecánico	No brindaba la seguridad necesaria para los usuarios	Es un sistema que sense cualquier fuga de energía... garantizando la seguridad de los usuarios.
6	Eduin Poma Cati	T. mecánico	con los chupones unipolares Comamos riesgo de electrocución porque no tenía mucha protección aunque los cables están dañados pelados	este nuevo sistema se protege y no amara el equipo tanto el tablero 440V hasta solucionar el problema.
7	Humberto Casanova Sanchez	T. Mecánico	con el tablero antiguo no nos brindaba la protección necesaria para resolver los problemas.	con este tablero nuevo que los implementamos si nos origina trabajo mas seguro en el equipo
8	Luis Hernandez H.	tec. electricista	Los tableros tradicionales Utilizaban conectores unipolares. los cables en traslado se podian caer y causar y mas proximo a electrocutarse.	Los tableros ground check. Conectores Pentapolares son herméticos y es mas seguros en su instalación. y manipulación protegiendo al operacion.



Anexo 12. Escala de multas SUNAFIL.

UIT	5350
-----	------

ESCALA DE MULTAS DE SUNAFIL 2025

Microempresa										
Gravedad de la infracción	Número de trabajadores afectados									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 y más
Leves	S/ 240.75	S/ 267.50	S/ 374.50	S/ 428.00	S/ 481.50	S/ 588.50	S/ 749.00	S/ 856.00	S/ 963.00	S/ 1,230.50
Graves	S/ 588.50	S/ 749.00	S/ 856.00	S/ 963.00	S/ 1,070.00	S/ 1,337.50	S/ 1,551.50	S/ 1,819.00	S/ 2,033.00	S/ 2,407.50
Muy Graves	S/ 1,230.50	S/ 1,337.50	S/ 1,551.50	S/ 1,712.00	S/ 1,926.00	S/ 2,193.50	S/ 2,514.50	S/ 2,889.00	S/ 3,263.50	S/ 3,638.00

Pequeña empresa										
Gravedad de la infracción	Número de trabajadores afectados									
	1 a 5	6 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	41 a 50	51 a 60	61 a 70	71 a 99	100 a más
Leves	S/ 481.50	S/ 749.00	S/ 963.00	S/ 1,230.50	S/ 1,712.00	S/ 2,407.50	S/ 3,263.50	S/ 4,440.50	S/ 5,403.50	S/ 12,037.50
Graves	S/ 2,407.50	S/ 3,156.50	S/ 4,119.50	S/ 5,189.50	S/ 6,741.00	S/ 8,667.00	S/ 11,181.50	S/ 13,000.50	S/ 15,033.50	S/ 24,075.00
Muy Graves	S/ 4,119.50	S/ 5,296.50	S/ 6,848.00	S/ 8,774.00	S/ 11,449.00	S/ 14,712.50	S/ 19,046.00	S/ 23,112.00	S/ 26,482.50	S/ 40,927.50

No MYPE										
Gravedad de la infracción	Número de trabajadores afectados									
	1 a 10	11 a 25	26 a 50	51 a 100	101 a 200	201 a 300	301 a 400	401 a 500	501 a 999	1000 y más
Leves	S/ 1,391.00	S/ 4,761.50	S/ 6,741.00	S/ 12,465.50	S/ 16,585.00	S/ 19,955.50	S/ 26,355.00	S/ 40,713.50	S/ 58,154.50	S/ 83,032.00
Graves	S/ 8,399.50	S/ 20,972.00	S/ 27,927.00	S/ 30,120.50	S/ 41,890.50	S/ 55,907.50	S/ 69,871.00	S/ 97,798.00	S/ 111,761.50	S/ 139,742.00
Muy Graves	S/ 14,070.50	S/ 28,087.50	S/ 42,158.00	S/ 52,965.00	S/ 75,863.00	S/ 98,386.50	S/ 126,474.00	S/ 126,474.00	S/ 224,860.50	S/ 281,035.50