

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Influencia del tablero electrico "Grounding Check" en  
la protección del equipo de bombeo en la Minera  
Alpamarca Volcan, 2022**

Emerson Camasca Millán

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos a la empresa minera Alpamarca por brindar el acceso y facilidad para la obtención de datos de la investigación.

Además, manifestar mi agradecimiento a mi alma mater Universidad Continental, el cual fue la residencia donde se me impartió los conocimientos para desempeñarme profesionalmente, de igual manera, mi agradecimiento para todos los catedráticos y compañeros de estudios.

Mi agradecimiento al asesor por sus sugerencias y orientaciones en el campo metodológico de la Ingeniería.

## **DEDICATORIA**

A Dios, ser supremo, único dueño de todo saber y verdad, por iluminarme durante este trabajo y por permitirme finalizarlo con éxito.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser el motor y motivo para seguir adelante.

A mí, por el esfuerzo y dedicación para cumplir con mis responsabilidades en mi estudio y trabajo.

# ÍNDICE

<b>Agradecimiento</b> .....	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>xv</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xvi</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>xvii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>19</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>19</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	19
1.1.1. Formulación del problema .....	20
1.1.1.1. Problema general .....	20
1.1.1.2. Problemas específicos.....	20
1.2. Objetivos .....	20
1.2.1. Objetivo general .....	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	21
1.3. Justificación .....	21
1.3.1. Justificación social.....	21
1.3.2. Justificación teórica .....	21
1.3.3. Justificación económica.....	22
1.3.4. Justificación metodológica.....	22
1.4. Importancia .....	22
1.4.1. Continuidad .....	22
1.4.2. Flexibilidad .....	22
1.4.3. Confiabilidad.....	22
1.4.4. Seguridad .....	23
1.5. Hipótesis y descripción de variables .....	23
1.5.1. Hipótesis.....	23
1.5.1.1. Hipótesis general .....	23
1.5.1.2. Hipótesis específicas .....	23
1.6. Descripción de variables.....	23

1.6.1. Variable independiente (x):.....	23
1.6.2. Variable dependiente (y): .....	23
1.6.3. Operacionalización de variables.....	24
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>25</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	25
2.2. Bases teóricas .....	33
2.2.1. Tableros eléctricos .....	33
2.2.2. Clasificación de los tableros eléctricos .....	33
2.2.3. Tipos de tableros eléctricos.....	35
2.2.3.1. Tableros autoportados .....	35
2.2.3.2. Tableros adosados .....	36
2.2.3.3. Tableros empotrados.....	36
2.2.4. Clasificación .....	37
2.2.4.1. Según su ubicación .....	37
2.2.5. Controlador lógico programable (PLC).....	38
2.2.6. Normas aplicables en la fabricación de tableros eléctricos .....	39
2.2.7. Protección de equipos de bombeo .....	39
2.2.7.1. Sistema de bombeo.....	39
2.2.8. Tipos de bombas .....	40
2.2.8.1. Bombas sumergibles .....	40
2.2.8.2. Bombas centrífugas.....	40
2.2.9. Cálculo del sistema de bombeo.....	41
2.2.9.1. Determinación de los caudales.....	41
2.2.9.2. Caudal .....	42
2.2.10. Diseño de la línea de succión.....	42
2.2.10.1. Diámetro de tubería .....	42
2.2.10.2. Velocidad del fluido ( $v$ ).....	42
2.2.11. Aplicación multibombas.....	43
2.2.11.1. Esquema de conexión mecánica .....	44
2.2.11.2. Control fijo .....	44
2.2.11.3. Control móvil.....	45
2.2.12. Minera Alpamarca Volcan .....	45
2.2.12.1. Ubicación.....	45

2.2.12.2. Relieve y clima.....	46
2.2.12.3. Misión y visión de la empresa.....	47
2.3. Tableros eléctricos para transformadores en subestación, equipos eléctricos móviles y movibles.....	49
2.3.1. Análisis del sistema eléctrico industrial – BT.....	49
2.3.1.1. Neutro del transformador - no aterrizado o flotante.....	49
2.3.1.2. Neutro del transformador - no aterrizado o flotante, ante una falla monofásica.....	50
2.3.1.3. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente.....	51
2.3.1.4. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica.....	52
2.3.1.5. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica.....	52
2.3.1.6. Neutro del transformador - aterrizado por resistencia.....	53
2.3.2. Tipos de conexión del neutro del transformador.....	54
2.3.2.1. Subestación eléctrica.....	54
2.3.3. Tablero eléctrico de resistencia neutro a tierra.....	55
2.3.3.1. Características.....	55
2.3.3.2. Especificaciones técnicas.....	56
2.3.3.3. Componentes del tablero Grounding Check.....	57
2.3.4. Dispositivos de protección.....	58
2.3.4.1. Relé sigma monitor.....	58
2.3.4.2. Ajustes del relé sigma monitor.....	59
2.3.4.3. Operación del tablero.....	59
2.3.5. Tablero eléctrico grounding check.....	61
2.3.5.1. Aplicación.....	61
2.3.5.2. Protección.....	61
2.3.5.3. Tipos de tableros grounding check.....	61
2.3.5.4. Componentes del tablero grounding check.....	62
2.3.5.5. Diagrama esquemático.....	63
2.3.5.6. Relé minero GCHK-100.....	63
2.3.6. Relé minero GCHK-100.....	63
2.3.6.1. Funcionamiento correcto del tablero grounding check.....	65
2.4. Volcán compañía minera S. A. A. ....	66

2.4.1. Objetivo .....	66
2.4.2. Alcance.....	66
2.4.3. Referencias legales y otras normas .....	66
2.4.4. Definiciones.....	67
2.4.5. Personal autorizado.....	68
2.4.6. Personal calificado .....	68
2.4.6.1. Tablero de alimentación de energía para equipos de perforación.....	68
2.4.6.2. Tablero arrancador para bombas sumergibles .....	69
2.4.7. Especificaciones del estándar .....	69
2.4.7.1. Trabajos sobre equipos con tensión .....	69
2.4.7.2. Manual de normas y procedimientos .....	69
2.4.7.3. Cables portátiles de potencia (arrastre).....	70
2.4.7.4. Equipos móviles.....	70
2.4.7.5. Acopladores de cables.....	71
2.4.7.6. Empalmes permanentes en cables de arrastre (equipos de perforación).....	71
2.4.7.7. Empalmes permanentes en cables de arrastre (bombas sumergibles) .....	72
2.4.7.8. Detalles para el diseño y construcción de tableros de arranque para bombas sumergibles.....	72
2.4.7.9. Cableado .....	74
2.4.8. Responsabilidades .....	76
2.4.8.1. Vicepresidente de operaciones.....	76
2.4.8.2. Gerente general de operación de cada unidad.....	77
2.4.8.3. Superintendente y supervisor de seguridad.....	77
2.4.8.4. Superintendente de mantenimiento .....	77
2.4.8.5. Jefe y supervisor de mantenimiento eléctrico .....	77
2.4.8.6. Jefe de guardia o supervisor de operaciones de mina .....	78
2.4.8.7. Supervisor de mantenimiento eléctrico .....	78
2.4.8.8. Trabajadores.....	78
2.4.9. Frecuencia de revisiones.....	78
2.4.10. Equipo de trabajo .....	78
2.4.11. Revisión y mejoramiento continuo.....	79

2.5. Definición de términos básicos .....	79
2.5.1. GCHK-100, relé minero .....	79
2.5.1.1. Instalación.....	79
2.5.1.2. Unidades remotas.....	79
2.5.1.3. Poder de control .....	79
2.5.1.4. Sensores de corriente.....	80
2.5.1.5. Verificación de tierra .....	81
2.5.1.6. Voltaje de marco .....	82
2.5.2. Configuración .....	83
2.5.2.1. Falla a tierra.....	85
2.5.2.2. Retardo de disparo por falla a tierra .....	86
2.5.2.3. Ground Check.....	87
2.5.2.4. Operación de voltaje de marco .....	88
2.5.3. Mantenimiento y pruebas .....	89
2.5.3.1. Peligro.....	89
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>91</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>91</b>
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación.....	91
3.1.1. Tipo .....	91
3.1.2. Nivel .....	91
3.1.3. Método .....	92
3.1.3.1. Método general.....	92
3.1.3.2. Método específico.....	92
3.2. Diseño y esquema de la investigación.....	92
3.3. Población, muestra y técnica de muestreo .....	93
3.3.1. Población.....	93
3.3.2. Muestra .....	93
3.3.3. Tipo de muestreo.....	93
3.4. Técnica e instrumento de acopio de datos.....	93
3.4.1. Técnica de fichaje.....	93
3.4.2. Técnica de registros .....	93
3.5. Técnicas de procesamiento de datos .....	94
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>95</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>95</b>

4.1. Resultados de prueba y prueba de hipótesis, interrelación.....	95
4.1.1. Procesamiento de información .....	95
4.1.2. Cuadro comparativo de pérdidas antes y después de la instalación del tablero “grounding check” .....	95
4.1.3. Pruebas realizadas sin protección de tableros eléctricos “grounding check” .....	97
4.1.3.1. Prueba 1: medición de la corriente y tiempo de descarga de los equipos de bombeo.....	97
4.1.3.2. Prueba 2: medición del tiempo de operación del PLC y VFD .....	98
4.1.3.3. Prueba 4: medición de la corriente y tiempo de descarga del equipo de bombeo al 50 % y 70 % de velocidad .....	99
4.1.3.4. Resultados de las pruebas sin “grounding check” .....	101
4.1.4. Resultados estadísticos de pruebas realizadas sin la protección del “grounding check” .....	101
4.1.5. Tiempo de respuesta de los equipos de protección .....	102
4.1.5.1. Producción mineral .....	103
4.1.6. Análisis de datos con el tablero eléctrico “grouding check” .....	103
4.1.7. Pruebas realizadas con protección del “grounding check” .....	104
4.1.7.1. Prueba 1: medición de la corriente y tiempo de descarga de las bombas .....	104
4.1.7.2. Prueba 2: medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2, 3.....	104
4.1.7.3. Prueba 3: medición de la corriente y tiempo de descarga del equipo de bombeo .....	104
4.1.7.4. Prueba 6: medición del tiempo de operación del sistema de bombas .....	105
4.1.7.5. Resultados de las pruebas con el tablero eléctrico “grounding check” .....	105
4.1.8. Resultados estadísticos de pruebas realizadas con protección del “grounding check” .....	106
4.1.9. Tiempo de respuesta de los tableros eléctricos “grounding check”	107
4.1.9.1. Producción mineral con el tablero eléctrico “grounding check” .....	107

4.2. Prueba de hipótesis .....	108
4.2.1. Hipótesis general.....	108
4.2.2. Hipótesis específica.....	109
4.2.2.1. Hipótesis específica 1 .....	109
4.2.2.2. Hipótesis específica 2 .....	110
4.2.2.3. Hipótesis específica 3.....	111
<b>Conclusiones.....</b>	<b>112</b>
<b>Lista de referencias.....</b>	<b>114</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tableros autoportados.....	35
Figura 2. Tableros adosados.....	36
Figura 3. Tableros Empotrados .....	36
Figura 4. Bomba sumergida .....	40
Figura 5. Esquema bomba centrífuga .....	41
Figura 6. Módulo de conexión .....	44
Figura 7. Conexión mecánica control fijo .....	44
Figura 8. Conexión mecánica-control móvil .....	45
Figura 9. Mapa de ubicación .....	46
Figura 10. Localización geográfica.....	46
Figura 11. Minera Alpamarca Volcan .....	48
Figura 12. Neutro del transformador – no aterrizado o flotante .....	49
Figura 13. Análisis del sistema eléctrico industrial - BT .....	50
Figura 14. Neutro del transformador - no aterrizado o flotante, ante una falla monofásica.....	50
Figura 15. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente .....	51
Figura 16. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica.....	52
Figura 17. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica.....	52
Figura 18. Neutro del transformador - aterrizado por resistencia .....	53
Figura 19. Neutro del transformador - aterrizado por resistencia, ante una falla monofásica .....	54
Figura 20. Equipos eléctricos móviles.....	55
Figura 21. Tablero eléctrico de resistencia.....	55
Figura 22. Tablero porta Ground Check.....	56
Figura 23. Componentes de tablero NGR .....	57
Figura 24. Tableros eléctricos de resistencia neutro a tierra.....	58
Figura 25. Relé sigma monitor .....	59
Figura 26. Ajuste del relé sigma monitor .....	59
Figura 27. Falla a tierra .....	60
Figura 28. Tablero eléctrico grounding check.....	61

Figura 29. Componentes del tablero grounding check.....	62
Figura 30. Diagrama esquemático .....	63
Figura 31. Relé minero GCHK-100 .....	63
Figura 32. Relé minero GCHK-100 .....	64
Figura 33. Funcionamiento correcto del tablero grounding check.....	65
Figura 34. Funcionamiento correcto del tablero grounding check.....	65
Figura 35. GCHK-100 with under- voltage coll .....	80
Figura 36. Connection diagram shows the shunt .....	81
Figura 37. Relay terminal drawing.....	83
Figura 38. DIP Switch setup.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	24
Tabla 2. Normas nacionales de fabricación de tableros.....	33
Tabla 3. Tipos de PLC más comunes .....	38
Tabla 4. Rango recomendado de velocidad.....	42
Tabla 5. Tipo de conexión del neutro del transformador .....	54
Tabla 6. Modes of operation (Switch 1).....	84
Tabla 7. Ground fault pickup settings .....	85
Tabla 8. Ground fault trip delay settings.....	86
Tabla 9. Ground fault delay reset intervals.....	87
Tabla 10. Ground Check settings.....	87
Tabla 11. Frame voltaje settings .....	89
Tabla 12. Comparación de pérdidas en producción, filtrado de cobre por de mantenimiento planta filtros.....	96
Tabla 13. Pérdidas económicas en filtrado de cobre, por una hora de mantenimiento de la planta de filtros .....	96
Tabla 14. Pérdidas económicas en filtrado de molibdeno, por una hora de mantenimiento planta filtros.....	96
Tabla 15. Simulación para el cálculo de filtrado de mineral en los filtros 1, 2; sin “grounding check” .....	98
Tabla 16. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 50 % de velocidad sin “grounding check” .....	98
Tabla 17. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2, 3; sin “grounding check” .....	98
Tabla 18. Simulación para el cálculo de filtrado de mineral en los filtros 1, 2, 3; sin el “grounding check” .....	100
Tabla 19. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 50 % y 70 % de velocidad sin “grounding check” .....	100
Tabla 20. Datos resaltantes de las pruebas sin “grounding check” filtros 1, 2, 3 .....	101
Tabla 21. Desequilibrio de corriente del equipo de bombeo, sin “grounding check” .....	102

Tabla 22. Desequilibrio en el tiempo de respuesta en la protección de equipos de bombeo sin “Grounding check” .....	102
Tabla 23. Desequilibrio en la producción y control sin “grounding check” .....	103
Tabla 24. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 50 % de velocidad con “Grounding Check” .....	104
Tabla 25. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2, 3 con “grounding check” .....	104
Tabla 26. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 70 % de velocidad con “grouding check” .....	105
Tabla 27. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros con el grounding check .....	105
Tabla 28. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2,3 con DPS .....	105
Tabla 29. Resultados de las pruebas con el tablero eléctrico “grounding check” .....	106
Tabla 30. Mediciones de corriente en motores (con el Grounding check) .....	106
Tabla 31. Medición del tiempo de respuesta con el “grounding check” .....	107
Tabla 32. Mediciones en la producción y control con el “grounding check” instalado .....	108
Tabla 33. Prueba de chi cuadrado de Pearson .....	108
Tabla 34. Hipótesis específica 1 .....	109
Tabla 35. Hipótesis específica 2 .....	110
Tabla 36. Hipótesis específica 3 .....	111

## RESUMEN

La investigación 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, así mismo, 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.

**Palabras claves:** equipos de bombeo, minera Alpamarca Volcan, tablero eléctrico “*Grounding Check*”

## ABSTRACT

The research answers the following question: How does the "grounding check" electrical panel influence the protection of the pumping equipment in the Alpamarca Volcan mining company, 2022? The main objective is to determine the influence of the "grounding check" electrical panel on the protection of the pumping equipment in the Alpamarca Volcan mining company, 2022. Moreover, as a hypothesis, it is assumed that the "grounding check" electrical panel positively influences the protection of the equipment. Of pumping in the Alpamarca Volcan mining company, 2022. The design was descriptive correlational, in the unitary sample it was constituted by the electrical panels of the engine room in the Alpamarca Volcan mining company, 2022. It is concluded that the electrical panel "grounding check" positively influences the protection of the pumping equipment in the Alpamarca Volcan mining company, 2022. Due to the values obtained from the mineral production criteria with an average of 1829.9 t/d, functionality and the level of risk in the operation of the pumping equipment pumping, since the hypothesis test turned out to be significant, likewise, the protection of the pumping equipment is guaranteed at the operating levels ration, such as touch and step tension in the Alpamarca Volcan mining company.

**Keywords:** grounding check electrical panel, mining Alpamarca Volcan, pumping equipment

## INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “*Influencia de los tableros eléctricos ‘Grounding Check’ en la protección de equipos de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022*”, enfoca el problema centrado en la funcionalidad continua de los equipos de bombeo que no permiten la producción continua de minerales por las diferentes salidas en los temas de protección que adolece la minera, por ello se busca muchas opciones de quienes garantizan el funcionamiento continuo.

Asimismo, la investigación fue importante por sus resultados, los cuales mostraron la efectividad de los tableros eléctricos “*Grounding Check*” en la protección de los equipos de bombeo para evidenciar lo que se indica en la producción de mineral. Por ello, el trabajo de investigación sigue una línea con la siguiente estructura:

Capítulo I, se presenta el planteamiento y formulación del problema, problema general y específicos; objetivo general y específicos; hipótesis general y específicas; justificación e importancia de la investigación, y los alcances de la investigación.

Capítulo II, trata de los antecedentes del problema, antecedentes nacionales e internacionales, el marco y bases teóricas de la investigación que comprenden temas relacionados a las variables del relé inteligente para motores de baja tensión, aspectos generales del área de estudio, y definición de términos básicos.

Capítulo III, se describe la metodología, tipo, nivel, método y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos: técnicas, instrumentos y técnica de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV, se dan a conocer resultados y discusión, resultados del tratamiento y análisis de la información, contrastación de la hipótesis general y la prueba de hipótesis específicas y finalmente la discusión e interpretación de

resultados de la influencia de los tableros eléctricos “*Grounding Check*” en la protección de equipos de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, lista de referencias y anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

En la minera Alpamarca Volcan se realiza la explotación de mineral a tajo abierto y al proceso polimetálico, el problema identificado se da en las deficiencias de los tableros arrancadores del sistema de baja tensión, en la minera se menciona que en los tableros eléctricos se identifican arrancadores estrella y delta sin ninguna protección de alto estándar como MFP70E (Norma ANSSI de protección). Se menciona que el equipo de bombeo en la minera cumple la función de extraer el agua filtrada en los diferentes niveles, labores nuevos y antiguos para el desarrollo de las actividades diarias en el tajo abierto, cabe mencionar que los tableros eléctricos *Grounding Check* son de alta estándar con IP67 (Norma ANSSI de protección), que brindan la protección completa a equipos y la vida humana, así se minimizan los accidentes fatales que estuvieron suscitando en diferentes mineras. En otras mineras se han tenido dificultades de operación, siendo solucionado por el tablero *Grounding Check* en la minera y específicamente en las bombas, por ello, estos tableros eléctricos tienen una protección completa que brinda (*Ground Check GR, ground fault IG y frame voltaje VG*) verificación de tierra, falla a tierra y voltaje en carcasa, lo cual da el soporte de confiabilidad en su operación a lo que los tableros antiguos no tienen estas protecciones y la minera va culminando en su implementación de estos tableros. En la minera Alpamarca se tienen variables eléctricas que se controlan con tableros eléctricos en los equipos de bombeo como *Grounding*

*Check gr* que mide el indicador de falla de verificación de tierra, *ground fault ig* que mide el indicador de falla a tierra, *frame voltaje vg* que mide el indicador de falla de voltaje en carcasa, así también, se tienen otras variables como indicador de voltaje de entrada, indicador de voltaje de salida, pulsador para reseteo, otros parámetros a tomar en cuenta son la señalización de alarma, sonora (baliza), visual (luz estroboscópica).

En este sentido, al parecer el control de bombas sería una de las más afectadas por la falta de protección y los estudios de Casimiro y Mucha (2018), Loayza y Pozo (2017) (citado por Casimiro y Mucha, 2018), Kohatsu (2016) y Trigo (2015) entre otros, poco o nada, pueden contribuir a esclarecer el problema, ya que no se han ocupado de esta importante área de la minería. Tales son algunas de las preocupaciones que animaron el presente estudio.

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **1.1.1.1. Problema general**

¿Cómo influye el tablero eléctrico “*Grounding Check*” en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022?

#### **1.1.1.2. Problemas específicos**

¿Cómo es el estado de protección sin el tablero *Grounding Check* del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022?

¿Cómo es el estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022?

¿Cómo es el nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del tablero eléctrico “*Grounding Check*” en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Identificar el estado de protección sin el tablero *Grounding Check* del equipo de bombeo en la minera Alpacamarca Volcan, 2022.

Identificar es el estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpacamarca Volcan, 2022.

Evaluar el nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpacamarca Volcan, 2022.

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación social**

El beneficio directo con la presente investigación se enfocará en implementar nuevas tecnologías en Seguridad y Salud en el Trabajo, ya que se realizan las actividades de mantenimiento eléctrico sin considerar los procedimientos de trabajo seguro (PETS), con la implementación de los tableros eléctricos se pretende aportar nuevas herramientas tecnológicas preventivas, aportando nuevas herramientas tecnológicas para el buen desempeño de los trabajadores, dando como punto de partida la incursión para futuras investigaciones en distintos sectores de trabajo.

La relevancia social en la cual se busca aportar a la minera, estableciendo una mejora del proceso de uso del tablero eléctrico, así como la oportunidad de ofrecer mejores condiciones de calidad y tiempo de vida útil.

### **1.3.2. Justificación teórica**

El trabajo de investigación se justifica teóricamente porque servirá primero como plataforma central de investigación para que se desarrollen más adelante indexadas al tema, ya que la implementación de tableros eléctricos de corriente es una herramienta muy importante para las actividades que desarrollan los seres humanos desde el punto de vista

manufacturero, la industria o uso particular; así mismo, presenta bases teóricas, conceptuales e interpretación de nuevos resultados.

### **1.3.3. Justificación económica**

Implementar un tablero eléctrico “*Grounding Check*” permite optimizar todo tipo de procesos. Además de poder tener un significativo ahorro en componentes electrónicos, cableado, etc. que representan un ahorro económico y de espacio.

### **1.3.4. Justificación metodológica**

El presente trabajo de investigación se justifica metodológicamente, ya que durante la formulación y desarrollo de la investigación se ha considerado y utilizado en su aplicación diversas teorías y trabajos previos relacionados a instalar tableros de control eléctrico de corriente alterna para el óptimo funcionamiento del equipo de bombeo; los mismos que dan un sustento científico y metodológico para generar un nuevo conocimiento para la sociedad y comunidad investigadora.

## **1.4. Importancia**

### **1.4.1. Continuidad**

Garantizar la continuidad de la instalación sin interrupción alguna durante fallas en los equipos de potencia, especialmente en interruptores y barrajes.

### **1.4.2. Flexibilidad**

La instalación puede acomodarse a las diferentes condiciones que se puede presentar por cambios operativos en el sistema.

### **1.4.3. Confiabilidad**

Para que la subestación pueda suministrar energía durante un periodo de tiempo dado, bajo las condiciones de que al menos un componente de la subestación no pueda recuperarse durante la operación.

#### **1.4.4. Seguridad**

Para que dentro de la instalación toda persona con el equipo de protección personal adecuado pueda operar el sistema dentro de sala de control, casa de máquinas y patio de llaves.

### **1.5. Hipótesis y descripción de variables**

#### **1.5.1. Hipótesis**

##### **1.5.1.1. Hipótesis general**

El tablero eléctrico "*Grounding Check*" influye positivamente en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

##### **1.5.1.2. Hipótesis específicas**

El estado de protección sin el tablero *Grounding Check* del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es deficiente.

El estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

El nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

### **1.6. Descripción de variables**

#### **1.6.1. Variable independiente (x):**

Tablero eléctrico "*Grounding Check*"

#### **1.6.2. Variable dependiente (y):**

Equipo de bombeo

### 1.6.3. Operacionalización de variables

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
Tablero eléctrico "Grounding Check"	Son cajas metálicas que contienen equipos electrónicos de control, protecciones eléctricas, señalizaciones entre otros equipos que permiten el control y alimentación eléctrica de un sistema.	Puesta a tierra	Kilowatts hora	Multímetro analizador de redes
		Resistividad del terreno	Ampere	Multímetro analizador de redes
		Equipotencialidad	Voltios	Multímetro analizador de redes
		Medición de resistividad del sue	Consumo mensual Consumo en horas punta	Pliego tarifario regulado por Osinergmin
<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
Equipo de bombeo	Este sistema cuenta con la bomba hidráulica el cual convierte la energía mecánica en energía hidráulica agregando energía al líquido, produciendo un caudal y una determinada fuerza a su salida.	• Equipamiento de subestació	Potencia	Vatímetro
		• Dispositivos de protección	Nivel de accionamiento	Vatímetro
		• Subestación eléctrica	Arcos eléctricos	Vatímetro
		• Sistema de protecciones	Puestas a tierra	Terrómetro

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

Se revisaron diferentes tesis de páginas webs como Alicia, Scielo, Redalyc acerca del tema, para así obtener mayor información y ver los diferentes puntos de vista de distintas personas, a nivel nacional e internacional.

En el artículo “*Sistemas de protección de bombas y canerlas en oleoductos sometidos a escurrimientos transitorios*” (1), se demostró que tiene aplicación directa en estaciones de bombeo marítima y oleoductos en general, de características variables y fluidos de baja viscosidad, existentes en el país.

Mediante la simulación por métodos numéricos del funcionamiento de tales estaciones es posible determinar en forma aproximada, cuáles serían los medios físicos a aplicar para evitar el derrame de petróleo, con el consecuente daño ecológico (1).

El modelo matemático desarrollado resuelve las ecuaciones hiperbólicas del algoritmo formulado en base a las ecuaciones características, acotadas por el criterio de estabilidad de Courant (CFL) (1).

En la tesis *“Protección de un muro de contención mediante un sistema de drenaje con geocompuestos en el hospital El Carmen de Huancayo – 2016”* (2), se demostró que para la protección del muro de contención se empleará un adecuado sistema de drenaje con geocompuesto; por ello se determinó emplear el MacDrain FP 2L 20.2, ya que es un geocompuesto para drenaje liviano y flexible, cuyo núcleo drenante es formado por una geomanta tridimensional, fabricada con filamentos de polipropileno y termosoldada entre dos geotextiles no tejidos de poliéster en todos los puntos de contacto.

Un proceso constructivo eficiente con geocompuestos logrará un correcto sistema de drenaje, que estará conformado por 2,926.25 m<sup>2</sup> del geocompuesto MacDrain FP 2L 20.2, y 300.39 m de tubería PVC corrugada perforada de 10” y tubería PVC corrugada perforada de 6”; para la longitud perimetral de la estructura, estos elementos permitirán captar, conducir y evacuar los fluidos de una manera rápida y eficiente (2).

En la tesis *“Operatividad del sistema de bombeo de abastecimiento de agua potable con suministro de energía fotovoltaica en Collana, Taraco, Huancané, Puno, 2020”* (3), se demostró que en el centro poblado de Collana, distrito de Taraco, provincia de Huancané, es dar una solución eficiente y rentable para el abastecimiento de agua potable a la población de 146 familias, tiene su infraestructura ejecutada donde la fuente de agua se ubica por debajo de la cota del terreno natural de viviendas, es muy importante para trasladar el recurso hídrico hacia el reservorio existente que está ubicado en punto elevado de la zona, por lo que se requiere diseñar un sistema de bombeo convencional eléctrico o un sistema de bombeo fotovoltaico, ya que la población tiene que recorrer kilómetros para poder abastecerse de agua, para ello, se debe elegir la mejor opción. Los datos se obtuvieron a través de encuestas socioeconómicas, localizando la captación existente y el almacenamiento de agua y se recolectó la luz solar disponible, con el análisis de datos obtenidos se diseñó el sistema de bombeo solar fotovoltaico con el año más crítico, también se determinó la rentabilidad de ambas opciones, bajo este contexto, este sistema fotovoltaico es más económico y óptimo. Se concluye en base a los resultados que el sistema

de bombeo solar fotovoltaico es funcional y más rentable que la energía eléctrica convencional (3).

En la tesis “*Diseño y dimensionamiento de los conductores eléctricos para el proceso de arranque de motores en la cámara de bombas nivel 570 zona Manuelita, área de la mina de la compañía Argentum S. A.*” (4), se demostró la experiencia adquirida en la compañía minera Argentum S. A., donde se dimensionaron los conductores eléctricos e implementación de nuevas subestaciones de distribución con equipos de tecnología nueva y moderna (4).

En consecuencia, la forma de distribución y utilización de la energía están evolucionando, para lo cual, siguiendo esta tendencia se está requiriendo del desarrollo de estudios definitivos más complejos, con tecnologías modernas para que las redes sean más inteligentes. Los sistemas convencionales ya están siendo inadecuados para este fin (4).

Todos los componentes implementados en las subestaciones son de uso moderno como transformadores secos, banco de condensadores, celdas MT Premset, tableros de BT, tableros de SA, tableros DC, equipos para el sistema de ventilación, equipos para el sistema de bombeo, así como los elementos de protección, automatización y control deben estar definidos claramente y dimensionados correctamente en la etapa del estudio (4).

Por lo mencionado líneas arriba, el diseño y dimensionamiento de los sistemas eléctricos debe estar bien detallado para su construcción. Este indicador asegurará que el suministro, montaje y puesta en servicio durante su ejecución se encuentre dentro de lo previsto contractualmente en presupuesto y cronograma. De esta manera, no se perjudica al ejecutor en sobrecostos y al propietario en pérdidas económicas por la energía no vendida por las continuas interrupciones y compensaciones suscitadas en su sistema eléctrico que urge de un recambio (4).

En la tesis “*Plan de negocio para la creación de una empresa de servicios de mantenimiento a equipos de bombeo: mantenimiento integrado SAS*” (5), se

demonstró que en toda construcción comercial tal como edificios de apartamentos, edificios de oficinas, conjuntos residenciales, centros comerciales, hospitales, bibliotecas, colegios y universidades es indispensable tener sistemas de bombeo para el abastecimiento de agua a los servicios generales, para el manejo de las aguas residuales y para la red de protección contra incendio. El sistema encargado de abastecer agua a los servicios generales es denominado “equipo de presión constante”, el sistema encargado de manejar las aguas residuales es denominado “bombas eyectoras o bombas sumergibles para aguas residuales” y el sistema que maneja el agua para la red de protección contra incendio es denominado “bomba de protección contra incendio” (5).

La importancia de estos equipos es vital para el apropiado funcionamiento de las diferentes construcciones, el fallo de alguno de ellos puede ocasionar serios traumatismos; es por esto que se elabora el plan de negocio para una empresa que preste un adecuado servicio de mantenimiento tanto preventivo como correctivo que garantice la disponibilidad de dichos equipos, dada la gran importancia que tienen (5).

En la tesis “*Generación de energía eléctrica a partir de energía eólica para el sistema de bombeo del proyecto Greenram en la localidad de Nuevo Montegrande, Pueblo Nuevo, Chepén, La Libertad*” (6), el objetivo fue proponer una alternativa más eficiente, técnica y económicamente, al sistema de bombeo del proyecto agrícola GreenRam en la localidad de nuevo Montegrande, Chepén, La Libertad. Se realizó un estudio hidráulico, hallando los elementos necesarios para el óptimo funcionamiento del equipo de bombeo (6).

El estudio eólico se ha realizado con el instrumento estadístico de la distribución de *weibull*, teniendo como resultados las tablas de probabilidades, según normas internacionales es el procedimiento adecuado a la hora de realizar un análisis del potencial eólico en un emplazamiento, se utilizó un anemómetro digital para la toma de registros de la velocidad del viento (6).

Se determinaron los componentes necesarios para el sistema eléctrico, se dimensionaron los conductores eléctricos, así como sus dispositivos de protección, además obtuvo la huella de carbono para comprobar que la generación eólica es amigable con el medio ambiente respecto a las demás comparados con el uso de combustible diésel y el SEIN (6).

Se realizó un análisis económico comparándolo con un sistema de bombeo convencional y con un sistema interconectado de red nacional (SEIN) para determinar qué tan viable es la propuesta en un futuro (6).

En la tesis *“Diseño de un sistema de control de calentamiento de agua y protección de bombeo en un tanque de almacenamiento”* (7), se demostró el desarrollo de un sistema de control de nivel de agua y de temperatura en un tanque de almacenamiento de 8800 litros propiedad de la empresa Agrosan S. A. El sistema de control está compuesto por un sensor de temperatura que mide la temperatura del agua y un controlador que regula la entrada de vapor para garantizar que la temperatura sea en todo momento de 80 grados centígrados. Para controlar el nivel se utilizan unos sensores de nivel bajo y nivel alto, para controlar la entrada de agua al tanque y la bomba de la salida (7).

En la tesis *“Aplicación de la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica”* (8), el objetivo fue aplicar la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica, considerando para ello la unidad de negocios Chimbote de Hidrandina S. A., específicamente la radial CHN011 Pardo (8).

En el estudio se evaluaron 479 datos, identificándose 142 puntos calientes que representan el 30 % de anomalías, de las cuales el 43 % son críticas, determinándose la disponibilidad de equipos e instalaciones eléctricas en la zona en estudio y su evolución, el cual aumentó de 92.18 % a 92.64 %. Dentro de los beneficios económicos de utilizar una inspección termográfica, considerando todos los recursos utilizados; se obtuvo un ahorro de S/ 44336.66, comparando los costos de 2013 y 2014 (8).

La supervisión y control de las diferentes instalaciones eléctricas utilizando la inspección termográfica es muy importante, para conocer claramente las características del sistema y el entorno de los equipos hacia los cuales iba dirigido (8).

En la tesis “*Implementación de tablero eléctrico 220 VAC monofásico para controlar el funcionamiento de banco de pruebas hidráulicas en laboratorio UCV, Chiclayo*” (9), la finalidad fue implementar un tablero de control eléctrico de corriente alterna monofásico para el óptimo funcionamiento del banco de pruebas hidráulico UCV, Chiclayo que permitirá mejorar el servicio de los usuarios del laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. La investigación es de diseño experimental porque ha permitido realizar cambios y modificaciones describiendo en el mismo momento hechos y sucesos reales interactuando con equipos; la investigación es de tipo exploratoria - descriptiva porque se trata de buscar aspectos concretos de la realidad y alternativas de solución (9).

Las conclusiones a las que ha llegado la investigación son que para lograr buenos resultados de funcionalidad de los tableros eléctricos de corriente alterna monofásico de 220 V y controlar el óptimo funcionamiento del banco de bombas hidráulicas es necesario un buen diseño, ya que será la parte central sobre el cual se montarán todos los dispositivos eléctricos y de los que dependerán los procesos de funcionamiento y de compatibilidad que estos tengan entre sí, teniendo en cuenta el Código Nacional de Electricidad. Que se debe realizar el montaje de los dispositivos eléctricos para el funcionamiento del banco de pruebas hidráulico, teniendo en cuenta las normas nacionales de electricidad o Código Nacional de Electricidad. Se instalarán 3 electrobombas de 0.5 HP y 1 HP y el montaje del tablero de control eléctrico 220 voltios para electrobombas de 0.5 HP y 1 HP. Luego del montaje y la puesta en marcha del tablero eléctrico se realizaron varias pruebas rutinarias para evaluar el funcionamiento del tablero teniendo en cuenta el código nacional de electricidad (9).

En la tesis “*Propuesta para la mejora del proceso de fabricación de tableros eléctricos para una metalmecánica en la ciudad de Arequipa*” (10), se plantea una propuesta para mejorar el proceso de fabricación de tableros eléctricos de una empresa metalmecánica en la ciudad de Arequipa mediante la reducción de costos (10).

Se identificó como problema principal la cantidad de demoras en entrega del producto terminado a causa del tiempo generado por los reprocesos existentes en el proceso de fabricación. El objetivo de este estudio es cuantificar la reducción de los costos implementado la propuesta de mejora que se realizó a lo largo del desarrollo del presente estudio (10).

La propuesta de mejora se realiza al haber identificado una disminución de las ventas en los últimos meses de la empresa metalmecánica y el incremento de la cantidad de demoras en la entrega del producto terminado, con la finalidad que la empresa no se vea afectada por esta disminución de ingresos mensuales, es que se realiza un análisis situacional de la empresa para identificar los problemas presentes en el proceso (10).

Los resultados muestran que sí es posible reducir los costos de la empresa metalmecánica mediante la reducción de costos en horas extras y materiales generados por reprocesos. Al eliminar los costos generados por horas extra y el costo de materiales generados por reprocesos, los costos anuales varían de S/ 163,806.38 a S/ 154,041.18, reduciéndose en un 5.96 %, al ser indirectamente proporcional la productividad estimada a los costos, esta mejoraría en un 6.34 % (10).

En la tesis “*Termografía infrarroja como herramienta para el mantenimiento predictivo de tableros eléctricos en la empresa AEI Engineers S. A. C.*” (11), la finalidad fue establecer el grado de relación que existe entre la termografía infrarroja dentro del mantenimiento predictivo dentro de la empresa AEI Engineers S. A. C., la investigación es de carácter cuantitativo, no experimental, transversal, método descriptivo-correlación cuyo objetivo es determinar el grado de relación que tienen las variables dependiente e

independiente, donde se busca implementar un plan de mantenimiento predictivo, utilizando la tecnología con cámara termográfica a las inspecciones periódicas de los tableros eléctricos. La población está conformada por los tableros eléctricos que brinda servicio la empresa, la muestra fue censal, es decir estuvo conformada por 80 técnicos especializados en mantenimiento de tableros eléctricos, donde se aplicó un cuestionario tipo escala de Likert, previamente, los instrumentos fueron declarados válidos mediante juicio de expertos; asimismo, se obtuvo la confiabilidad por el coeficiente Alpha de Cronbach, mediante la aplicación de los instrumentos validados, el análisis estadístico permitió demostrar la gran utilidad que tiene la termografía infrarroja dentro del mantenimiento predictivo (11).

En la tesis *“Diseño y construcción de dos tableros eléctricos de control para el funcionamiento automático y manual de cuatro bombas eléctricas, para el abastecimiento de agua en la comunidad Alamor”* (12), se demostró que en la actualidad el control electromecánico es una base fundamental en el campo industrial y doméstico, ya que su utilización va desde el encendido de un foco hasta el control de varias máquinas eléctricas, mecánicas y neumáticas, de gran potencia, ya sea individual o simultáneamente, y en momentos oportunos sin que se necesite la operación y supervisión visual del ser humano (12).

Por lo general, su mando se hace con voltajes bajos, y mínimas corrientes, como son de 12-24-120 y hasta 220 voltios según sean las distancias que se encuentren de los tableros de control, hacia los elementos de fuerza y de movimientos mecánicos (12).

Las máquinas industriales a parte de su dimensionamiento para el desarrollo normal de un trabajo, y del encendido o apagado oportuno, necesitan de ciertas condiciones técnicas para empezar a trabajar con normalidad, tal es el caso de las electrobombas, estas necesitan a más de lo ya mencionado, otras condiciones para iniciar su funcionamiento tales como los niveles de agua, energía mínima y máxima, y el correcto dimensionamiento de sus conductores para su arranque y puesta en marcha, entre otros (12).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Tableros eléctricos

Según Martínez (13), son cajas metálicas que contienen equipos electrónicos de control, protecciones eléctricas, señalizaciones, entre otros equipos que permiten el control y alimentación eléctrica de un sistema. Se fabrican en materiales de plancha laminada al frío (LAF) o acero inoxidable. La fabricación de los tableros eléctricos está realizada bajo ciertas normas nacionales e internaciones. Como por ejemplo las que se muestran en la siguiente tabla (13).

**Tabla 2. Normas nacionales de fabricación de tableros**

Norma	Descripción
CNE	Código Nacional de Electricidad
IEEE	El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos

Un tablero eléctrico o cuadro eléctrico es una combinación de varios dispositivos de protección y maniobra en una o más envolventes, en un tablero es posible distinguir las siguientes partes (14):

- **Caja:** denominada envolvente conforme a las normas cuya función es el soporte y la protección mecánica de los componentes que alberga.
- **Equipamiento eléctrico:** conformado por los aparatos, las conexiones internas y los terminales de entrada y salida para la conexión a la instalación.

### 2.2.2. Clasificación de los tableros eléctricos

Los tableros eléctricos pueden ser clasificados de acuerdo con diferentes factores: topología de construcción, diseño externo, condiciones de instalación o su función realizada (15).

Para el presente documento se tendrá en cuenta la clasificación respecto a la funcionalidad, debido a que la empresa Smart-Ing diversifica su portafolio de servicios en este tipo de clasificación. A continuación, se

presentan las clasificaciones de tableros eléctricos conforme su funcionalidad (15):

- **Tableros primarios de distribución:** los cuadros primarios de distribución, también denominados cuadros de potencia (*power centers*, PC) normalmente se encuentran en el lado de carga de los transformadores MT/BT o de los generadores. Estos cuadros incluyen una o más unidades de entrada, interruptores de acoplamiento de barras y un número relativamente reducido de unidades de salida.
- **Tableros secundarios de distribución:** los cuadros secundarios de distribución incluyen una amplia categoría de cuadros destinados a la distribución de la energía y normalmente están equipados con una unidad de entrada y varias unidades de salida; generalmente se encuentran aguas abajo del cuadro principal (interruptor principal) y actúan como auxiliares en la protección y operación de subalimentadores.
- **Tableros de control de motores:** los cuadros de control de motores están destinados al control y protección centralizada de motores. Por esta razón incluyen el equipo coordinado de maniobra y protección relevante, así como equipos de control auxiliar y señalización. También se denominan centros de control de motores (*motor control center*, MCC).
- **Tableros de control, medición y protección:** los cuadros de control, medición y protección están compuestos normalmente por unidades que contienen principalmente equipos para el control, maniobra y medición de instalaciones y procesos industriales.
- **Tableros integrados a la máquina:** los cuadros integrados, también denominados cuadros de automatización, se asemejan a los anteriores desde el punto de vista funcional; están destinados a actuar como interfaz entre la fuente de alimentación y el operador. La serie de normas IEC 60204 establece otros requisitos para cuadros que forman parte integral de la máquina.

- **Tableros para obras:** los cuadros para obras tienen distintos tamaños, desde unidades sencillas con una toma hasta cuadros de distribución en envoltorio metálica o en material aislante.

### 2.2.3. Tipos de tableros eléctricos

Promelsa tiene definida su propia línea de fabricación de tableros eléctricos de distribución de baja tensión los cuales son, tableros autoportados, tableros adosados y tableros empotrados (14).

#### 2.2.3.1. Tableros autoportados

Este tipo de tablero es de mayor capacidad y tamaño, conformada por 4 parantes, 2 paneles laterales, 1 panel superior, 1 panel inferior, 1 panel posterior, 1 puerta en la parte frontal y un zócalo que cumple la función de base, soporte y fijación del tablero, acepta voltajes trifásicos de hasta 600 voltios y corrientes hasta 4000 amperios, estos tableros cuentan con la opción de agregar equipos de medición, equipos de control en puerta y equipos de control en cajuela dentro del tablero, también se pueden instalar sistemas de ventilación, calefacción e iluminación; se utilizan para tableros generales y auxiliares (14).



*Figura 1. Tableros autoportados (14)*

### 2.2.3.2. Tableros adosados

Este tipo de tableros son construidos para su montaje sobre pared, son utilizados para la alimentación y protección de circuitos de alumbrado y tomacorrientes para cargas pequeñas, su uso en instalaciones industriales, centros comerciales y residenciales. (20)



*Figura 2. Tableros adosados (14)*

### 2.2.3.3. Tableros empotrados

Los tableros empotrados están diseñados para alojar en su interior interruptores termomagnéticos derivados de RIEL DIN, son ideales para centralizar líneas de distribución, circuitos derivados y de alumbrado en instalaciones industriales pequeñas y centros comerciales de baja carga, este tipo de tableros se fijan dentro de la pared o muro quedando solamente accesible la puerta para el control y mantenimiento.



*Figura 3. Tableros Empotrados (14)*

## **2.2.4. Clasificación**

### **2.2.4.1. Según su ubicación**

#### **a) Tableros generales TG**

Son los tableros principales de las instalaciones, son tableros que reciben la alimentación aguas debajo de la subestación eléctrica de distribución SED, específicamente del transformador que convierte la media tensión en baja tensión, estos tableros son del tipo autoportado para poder alojar al interruptor general e interruptores derivados que por sus dimensiones y peso requieren suficiente espacio y resistencia mecánica (14).

#### **b) Tableros generales auxiliares TGA**

Son los tableros que se derivan y son alimentados desde el tablero general, mayormente son del tipo autoportado que por sus dimensiones y fuerza mecánica permite alojar los equipos de protección y maniobra, estos tableros protegen y operan a los subalimentadores que alimentan a los tableros de distribución (14).

#### **c) Tableros de distribución TD**

Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que le permiten proteger los diferentes circuitos de la instalación, estos tableros pueden ser alimentados desde el tablero general, desde un tablero general auxiliar o directamente desde la barra principal. Estos tableros pueden ser del tipo adosado, empotrado y autoportado si llegara a contener una gran cantidad de equipos (14).

#### **d) Tableros de paso TP**

Tienen la finalidad de proteger derivaciones que por su capacidad no pueden ser directamente conectadas a alimentadores o subalimentadores. Para llevar a cabo esta protección cuentan con fusibles (14).

### e) Tableros de comando TCOM

Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar en forma simultánea sobre artefactos individuales o grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito.

#### 2.2.5. Controlador lógico programable (PLC)

El controlador lógico programable es un dispositivo electrónico que permite almacenar lógicas de control realizadas por el usuario mediante softwares, haciendo uso de sus periféricas embebidas, como entradas – salidas análogas y digitales, puertos de comunicación, bloques tecnológicos (ejemplo: PID) (13).

Gracias a los PLC (como también de otros tipos de controladores y microcontroladores) existe un significativo ahorro en componentes eléctricos, cableado, espacio, entre otras cosas. En la actualidad gracias a los protocolos de comunicación, los PLC han tomado un papel importante en la gestión y supervisión de procesos, ya que pueden mostrar datos de una planta en grandes cantidades, permitiendo que estas sean analizadas y se puedan tomar acciones desde una sala de control (13).

Dentro de los tipos de PLC más comunes se tienen:

**Tabla 3. Tipos de PLC más comunes**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Compacto</b>	Tienen embebidos entradas y salidas (limitados)
<b>Modular</b>	Solo cuentan con el procesador, las entradas y salidas se conectan con otro modulo. Conexión por slots.
<b>Montaje en rack</b>	Similar al modular, con la diferencia que cuenta con un bus de conexión ( <i>blackplane</i> ) el cual permite la fácil conexión y cambio de módulos.
<b>Con panel operador</b>	Cuenta con una interfaz gráfica integrada

*Nota:* tomada de Martínez (13)

### **2.2.6. Normas aplicables en la fabricación de tableros eléctricos**

Se deben respetar todas las normas internas, ya que muchas fábricas y edificios designan dimensiones y colores para no confundirse entre instalaciones eléctricas, telefónicas, televisión por cable, circuitos cerrados de televisión, etc. y hasta el tipo de material que se va a usar, ya sean industriales en acero común y en hospitalarias y de alimentos en los cuales se usa materiales en acero inoxidable (12).

La NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Fuego) y OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) son normas de seguridad que se deben tomar en cuenta para evitar los accidentes contra incendios y protección del personal, el aislamiento de los tableros debe estar asociado con el tipo de voltaje que se manejen en ellos, ya que la protección en media y alto voltaje debe ser diferente a los tableros de control (12).

Cuando se adquiere un tablero se deben tomar en cuenta las normas NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos), este define un producto, proceso o procedimiento con referencia a sus características, nomenclatura, composición, construcción, dimensionamiento, tolerancias, seguridad, características operacionales para el cual es diseñado (12).

### **2.2.7. Protección de equipos de bombeo**

#### **2.2.7.1. Sistema de bombeo**

El sistema de bombeo es la que busca elevar la presión del fluido para romper la resistencia ofrecida por el sistema por donde circulará la distribución del agua. Este sistema cuenta con la bomba hidráulica el cual convierte la energía mecánica en energía hidráulica agregando energía al líquido, produciendo un caudal y una determinada fuerza a su salida. Las utilidades de las bombas de agua tienen dos finalidades, la primera es la absorción del agua por medio del pozo de agua y la segunda es la distribución

del agua en sistema de tuberías de abastecimiento a un determinado lugar o necesidad.

## 2.2.8. Tipos de bombas

### 2.2.8.1. Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles son conocidas por extraer líquidos de los pozos de agua y a su vez estas se encuentran sumergidas debajo del nivel de agua del pozo. Su aspecto constructivo está distribuido de una parte eléctrica que viene a ser el motor eléctrico teniendo un cable especial resistente al agua y la parte mecánica donde se encuentra un conjunto de impulsores conectados en serie y tiene un flujo axial (16).

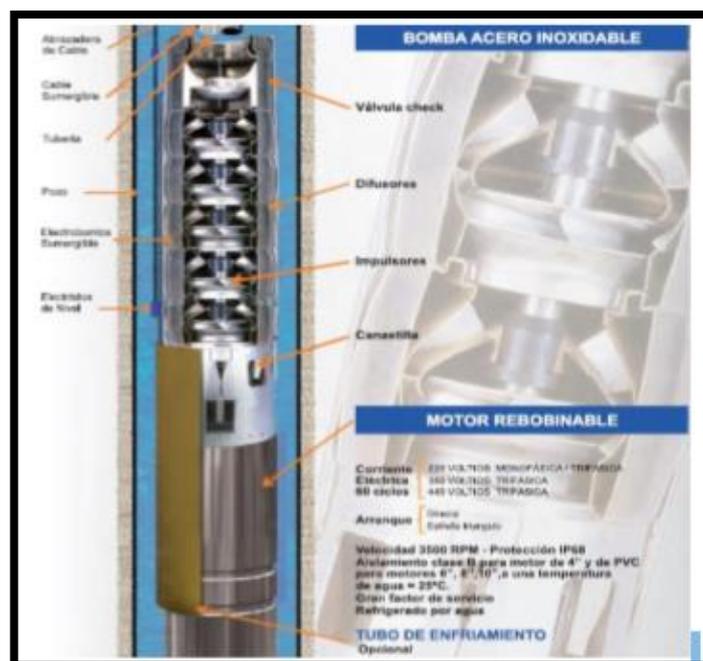
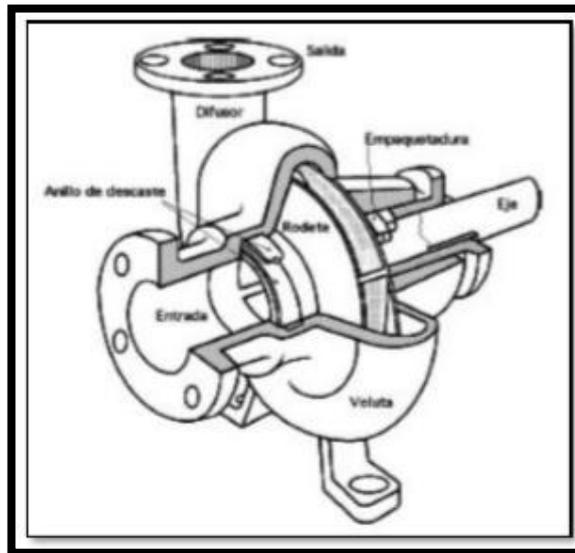


Figura 4. Bomba sumergida (16)

### 2.2.8.2. Bombas centrífugas

Las electrobombas centrífugas están conformadas por un motor eléctrico acoplado a una transmisión con el impulsor de flujo radial dentro de una carcasa. Por lo general, las carcasas de las bombas centrífugas están compuestas por hierro fundido y el impulsor por bronce (16).



**Figura 5. Esquema bomba centrífuga (16)**

## **2.2.9. Cálculo del sistema de bombeo**

### **2.2.9.1. Determinación de los caudales**

La demanda se estima por medio de la aplicación de un método que permita obtener el consumo diario del agua y también el consumo total de una red o necesidad de consumo de un determinado proceso en un determinado tiempo. Para determinar la demanda de agua necesaria para regar la caña de azúcar se procedió con la siguiente formula (16):

Demanda mensual de agua

$$Q = Qc * hi * hc * t$$

#### **Donde**

$Qc$  = caudal de cosecha (l/kg)

$hi$  = huella hídrica (kg/ha)

$hc$  = hectáreas por cosecha (ha/c)

$t$  = intervalo de producción de cosecha (c/mes)

### 2.2.9.2. Caudal

Es la cantidad de agua que circula por un ducto o tubería en una determinada unidad de tiempo, siendo sus principales unidades: metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/s) y litros por segundo (l/s).

$$Q = v * A$$

$v$  = velocidad del fluido

$A$  = área donde circula el fluido

### 2.2.10. Diseño de la línea de succión

#### 2.2.10.1. Diámetro de tubería

Mott (2006) refiere en el diseño de diámetro de la tubería de succión a la aplicación de una fórmula empírica conocida como la fórmula de Bresse para bombeos discontinuos (17).

$$Di = 0.58733 * N^{0.25} * \sqrt{Q}$$

$Di$  = diámetro interior aproximado (m)

$N$  = número de horas de bombeo al día

$Q$  = caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

#### 2.2.10.2. Velocidad del fluido ( $v$ )

$$v = \frac{4Q}{\pi * D^2}$$

$v$  = velocidad (m/s)

$D$  = diámetro de tubería (m)

$Q$  = flujo volumétrico (caudal)

**Tabla 4. Rango recomendado de velocidad**

Tipo de servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2-- 4	0.6 – 1.2
Líneas de retorno	4-- 13	1.5 -- 4
Líneas de descarga	7-- 18	2 – 5.5

*Nota:* tomada de Simbaña (17)

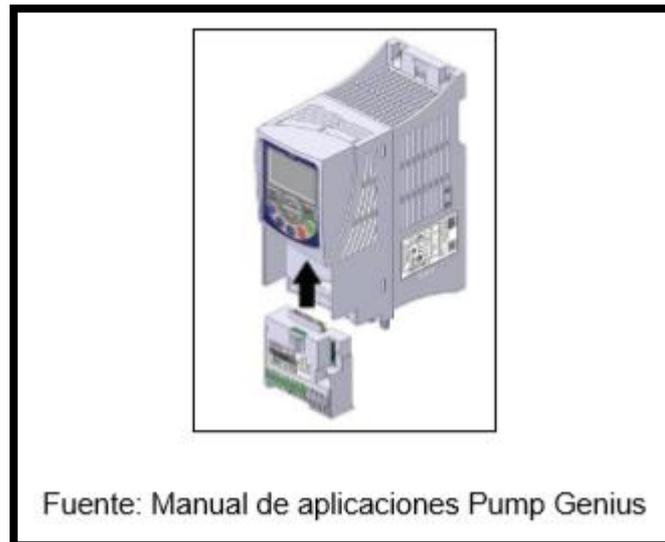
### **2.2.11. Aplicación multibombas**

Es una configuración de la aplicación de “*Pump Genius*” de los variadores de frecuencia de la marca Weg, específicamente el modelo usado para esta aplicación es el CFW500, el cual se combina con un módulo de conexión IOR-B para lograr el control periférico de hasta 4 bombas en paralelo. Esta aplicación está dedicada al control de presión contante en un sistema de distribución de agua (13).

Se puede realizar la aplicación ingresando los parámetros directamente a través de su panel de operación o mediante el software *Weg Ladder Programmer* (WLP), el cual permite realizar la configuración y monitoreo de la aplicación. El variador de frecuencia CFW500 cuenta con una función tecnológica llamada SoftPLC, que permite desarrollar lógicas de control con la periferia del variador de frecuencia (13).

Existen dos tipos de controles en la aplicación “*Pump Genius*”, una de ella es el control fijo, que permite controlar hasta 4 bombas en paralelo, pero solo se tiene el control de la frecuencia con el variador en una sola bomba. Las demás serán accionadas directamente mediante el comando de las salidas digitales del variador de frecuencia (13).

El segundo es el control móvil, este control permite controlar hasta 3 bombas en paralelo y el variador de frecuencia puede accionar cualquiera de ellas (13).

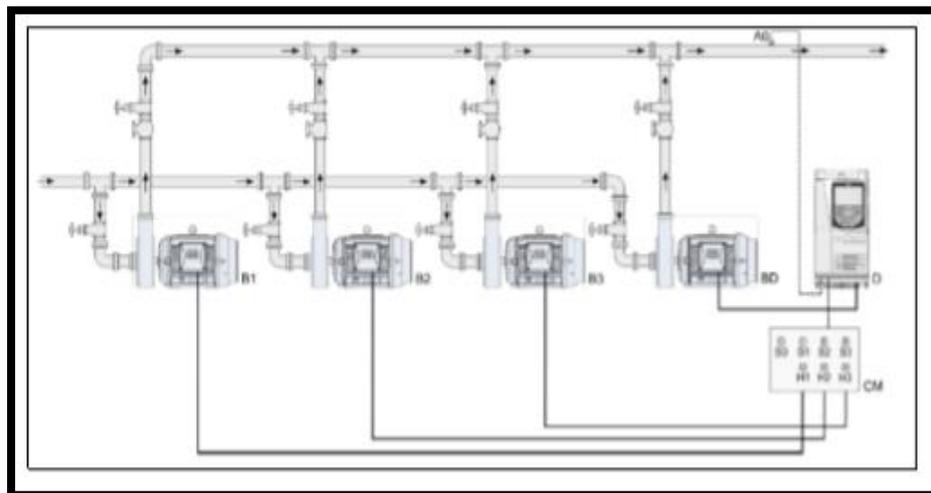


**Figura 6. Módulo de conexión (13)**

### 2.2.11.1. Esquema de conexión mecánica

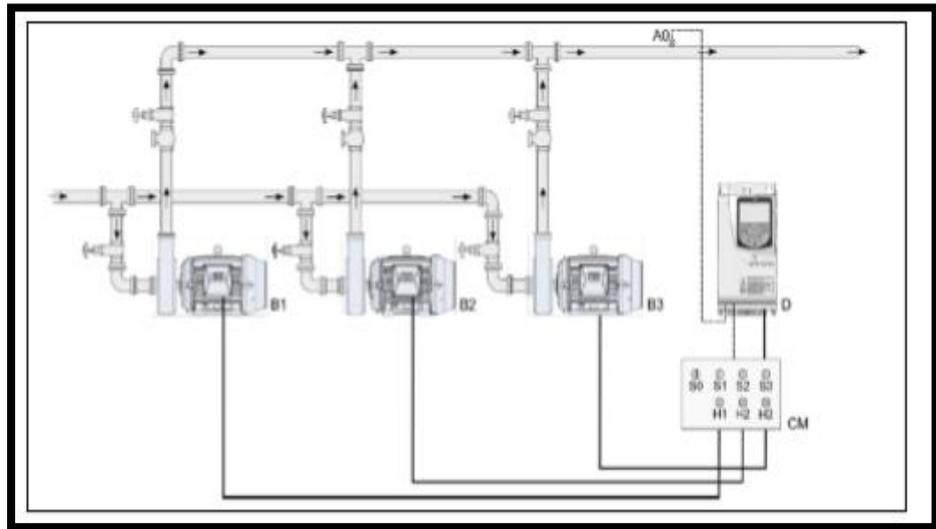
A continuación, se presentan los esquemas de conexión mecánicas de los dos tipos de controles (13).

### 2.2.11.2. Control fijo



**Figura 7. Conexión mecánica control fijo (13)**

### 2.2.11.3. Control móvil



*Figura 8. Conexión mecánica-control móvil (13)*

### 2.2.12. Minera Alpamarca Volcan

#### 2.2.12.1. Ubicación

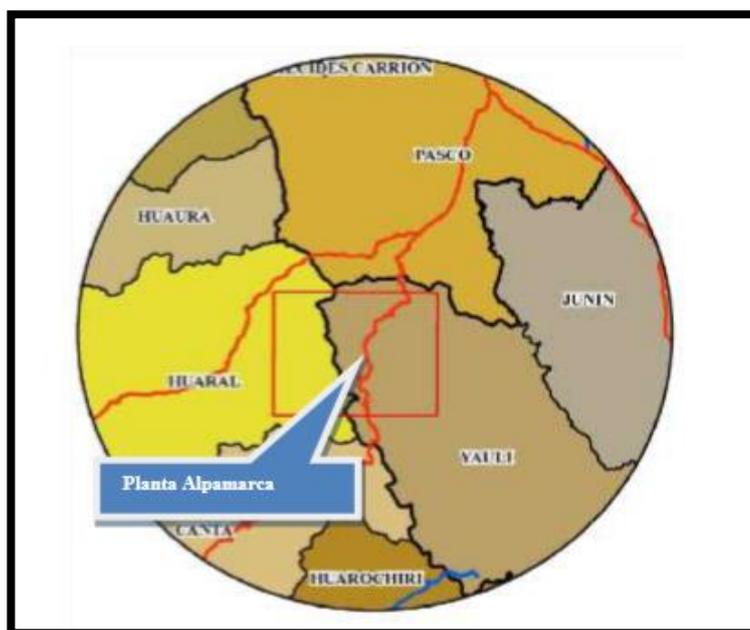
La Compañía minera Chungar, unidad Alpamarca, se encuentra ubicada a 4,770 m s. n. m. en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia de Yauli, departamento de Junín, a 371 km al este de Lima (18).

Limita por el Norte con la provincia de Huaral (región Lima); por el Sur con el distrito de Huallay (región Pasco) ; por el Este con el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán (región Junín) y por el Oeste con la provincia de Huaral (región Lima) (18).

El acceso desde la ruta de Lima es de 371 km siguiendo la ruta Lima – La Oroya – Cerro de Pasco y a 182 km siguiendo la ruta Canta – La Viuda (18).



*Figura 9. Mapa de ubicación*



*Figura 10. Localización geográfica. Tomada del Proyecto Alpamarca, 2014*

### **2.2.12.2. Relieve y clima**

Corresponde al clima frío y seco, propio de la región Puna, con baja humedad relativa y presencia estacional de grandes precipitaciones.

Se destacan dos estaciones claramente diferenciadas: una temporada de lluvias que se extiende entre los meses de diciembre a marzo, concentrando cerca del 80 % de la precipitación media anual, y una época de estiaje que se extiende entre los meses de mayo a noviembre, con un período bastante seco entre junio y agosto (18).

Altitud sobre el nivel del mar..... 4770 m s. n. m.  
Temperatura máxima del aire..... 17 °C  
Temperatura mínima del aire..... -13 °C

Humedad relativa (Fuente: estación Animón, período: 2002 - 2008)

- Máxima: 96.0 % (mes de marzo)
- Mínima: 49.1 % (mes de agosto)

Viento (fuente: estación Animón, período: 2008)

- Velocidad máxima: 38.6 m/s (mes de julio)
- Velocidad promedio: 7.01 m/s
- Dirección predominante de vientos: sur a norte

Precipitaciones pluviales

- Máxima anual: 1534.1 mm/año (fuente: estación Marcapomacocha, período: 1989 - 2010).

### **2.2.12.3. Misión y visión de la empresa**

#### **a) Misión**

Somos un grupo minero de origen peruano que persigue la maximización de valor a sus accionistas, a través de la excelencia operativa y de los más altos estándares de seguridad y manejo ambiental, contribuyendo al desarrollo de su personal y de su entorno.

## **b) Visión**

Al 2022, ser una de las principales empresas mineras diversificadas en metales base, preciosos, y líder en crecimiento y excelencia operativa, actuando con responsabilidad social y con un equipo humano comprometido y altamente calificado.

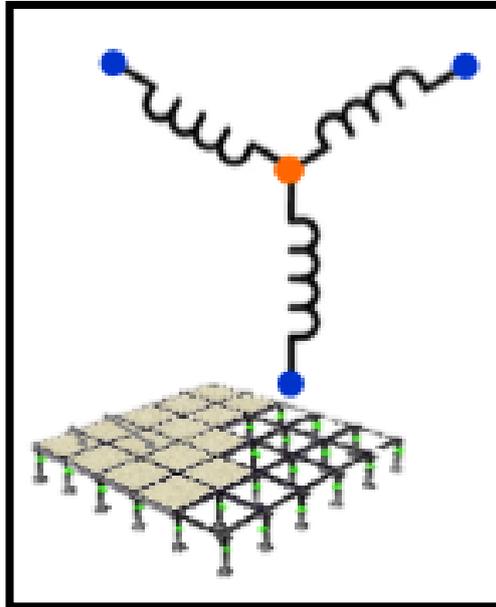


*Figura 11. Minera Alpamarca Volcan*

## 2.3. Tableros eléctricos para transformadores en subestación, equipos eléctricos móviles y movibles

### 2.3.1. Análisis del sistema eléctrico industrial – BT

#### 2.3.1.1. Neutro del transformador - no aterrizado o flotante



*Figura 12. Neutro del transformador – no aterrizado o flotante (19)*

#### a) Ventajas

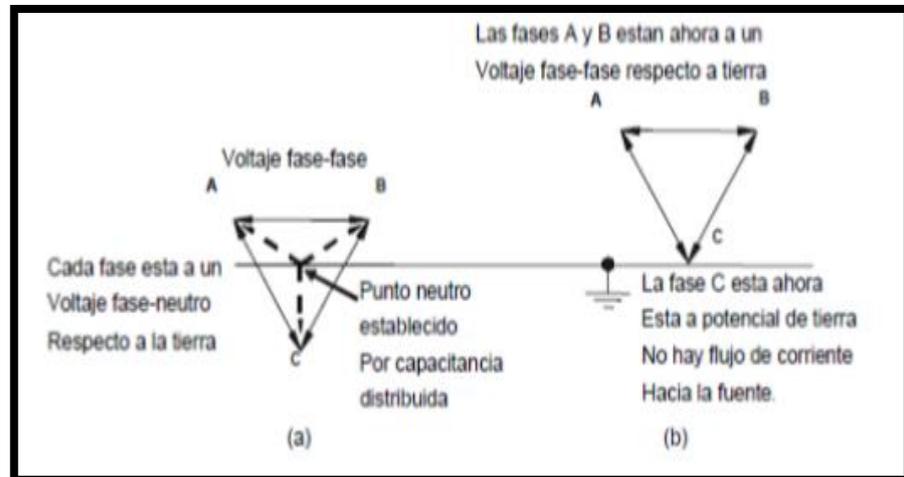
- No hay que detener la operación al ocurrir la primera falla (19).

#### b) Desventajas (19)

- Corriente de falla despreciable y sin disparo en la primera falla.
- Dificulta la localización de fallas.
- Producción detenida mientras se encuentra la falla.
- Muy expuesto a segunda falla.
- Costos por daños a equipos.
- Genera acoplamiento capacitivo.
- Reducción de la vida útil de los equipos involucrados.

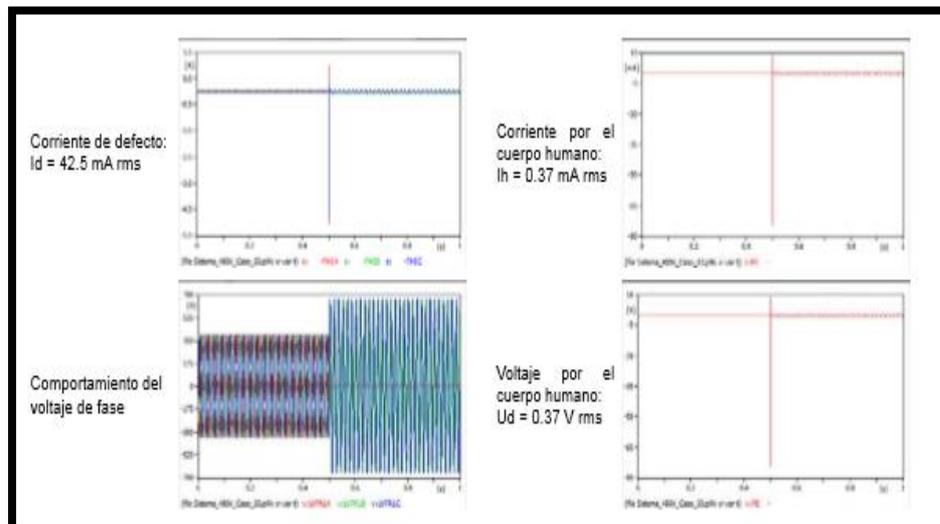
En caso de falla fase - tierra las otras dos fases presentarán un voltaje 1.73 veces mayor que el normal. La capacitancia distribuida podrá ocasionar sobrevoltajes transitorios varias veces superiores al voltaje fase - tierra. Esto podrá causar fallas en otros

puntos, ya que los niveles de aislamiento no serán suficientes. Si la segunda falla es en otra fase, se tendrán muy altas corrientes fase - fase y en consecuencia daños severos (19).



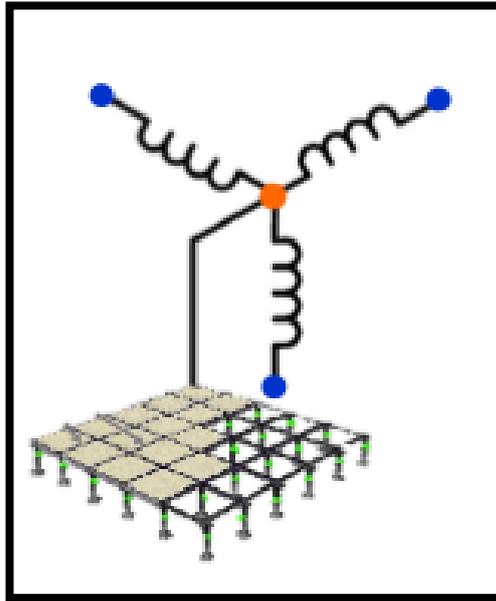
**Figura 13. Análisis del sistema eléctrico industrial - BT (19)**

### 2.3.1.2. Neutro del transformador - no aterrizado o flotante, ante una falla monofásica



**Figura 14. Neutro del transformador - no aterrizado o flotante, ante una falla monofásica (19)**

### 2.3.1.3. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente



*Figura 15. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente (19)*

#### **a) Ventajas**

- Se reduce el problema de sobrevoltajes transitorios.

#### **b) Desventajas**

- Si la reactancia del transformador es muy grande, el problema de sobrevoltajes transitorios no serán resuelto.
- Posibilitan grandes corrientes de falla que pueden ser muy destructivos.
- Las fallas de arco sostenidas pueden liberar gran cantidad de calor y energía mecánica capaz de provocar severos daños y accidentes (19).

### 2.3.1.4. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica

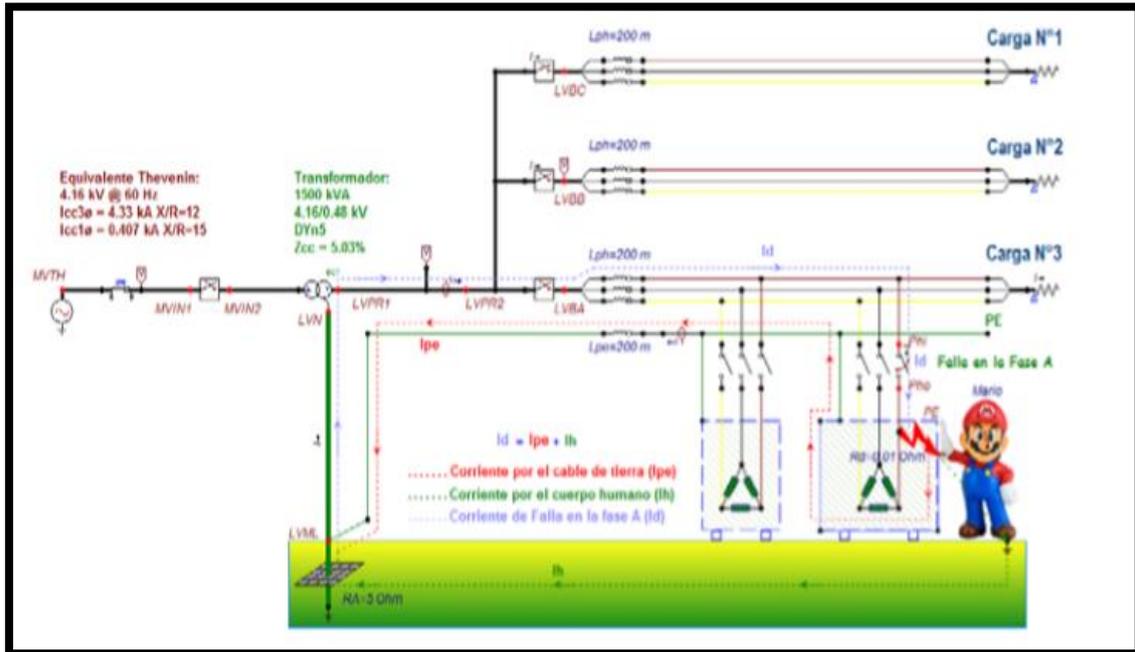


Figura 16. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica (19)

### 2.3.1.5. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica

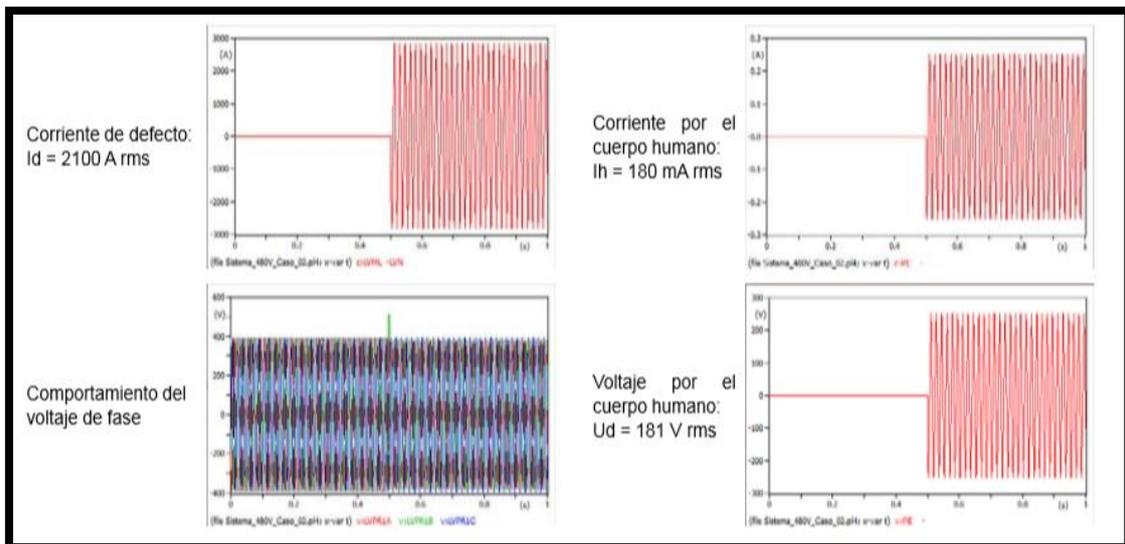


Figura 17. Neutro del transformador - aterrizado sólidamente, ante una falla monofásica (19)

### 2.3.1.6. Neutro del transformador - aterrizado por resistencia

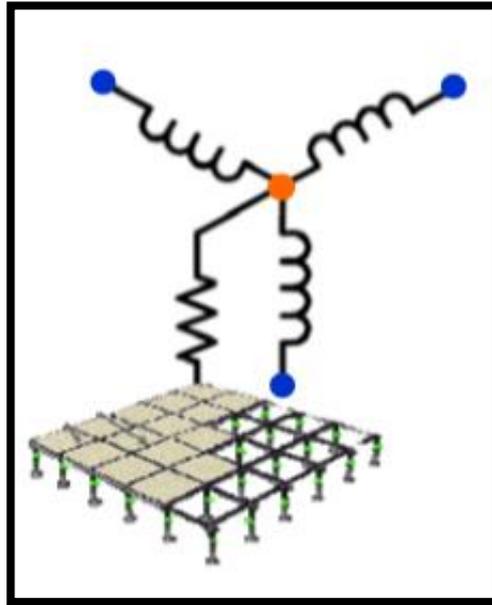


Figura 18. Neutro del transformador - aterrizado por resistencia (19)

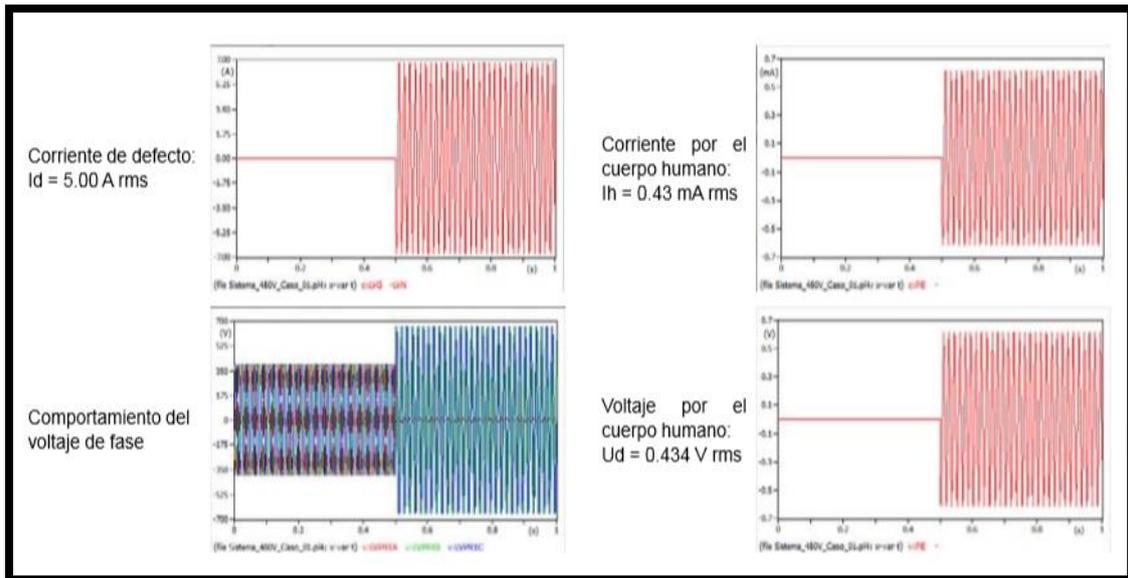
#### a) Ventajas (19):

- Limita corrientes de falla.
  - Controla la corriente a tierra y voltaje a tierra.
  - Elimina sobrevoltajes transitorios.
  - Permite coordinar dispositivos de protección.
  - Facilita la localización de la falla.
1. Reducir quemaduras y partes derretidas por calor.
  2. Reducir estrés mecánico.
  3. Reducir riesgos de shock eléctrico al personal.
  4. Reducir riesgos de *arc flash*.

#### b) Desventajas

- Hay que separar cargas monofásicas.

Neutro del transformador - aterrizado por resistencia, ante una falla monofásica.



**Figura 19. Neutro del transformador - aterrizado por resistencia, ante una falla monofásica (19)**

### 2.3.2. Tipos de conexión del neutro del transformador

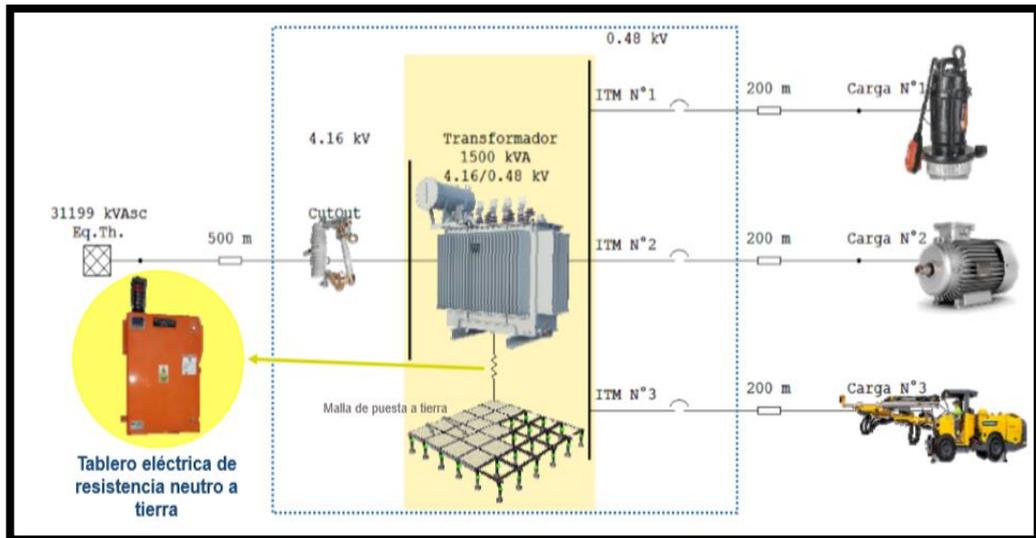
**Tabla 5. Tipo de conexión del neutro del transformador**

	Impacto en producción	Sistema no aterrizado o flotante	Sistema solidante aterrizado	Sistema aterrizado por una resistencia
Daños al Equipo	Sobrevoltaje	Severos	Limitados	Limitados
	Daños por sobrecorriente	Impredecible	Severo	Ninguno
	Costo de mantenimiento	Altos	Altos	Bajo
Producción detenida	Operación continua con fallas a tierra	Posible, pero no recomendada	No es posible	Posible
	Coordinación de relés (disparos apropiados, fácil localización de fallas)	Difícil	Difícil	Excelente
Personal	Nivel de seguridad	Bajo	Bueno	Excelente

Nota: tomada de Pedrozo (19)

#### 2.3.2.1. Subestación eléctrica

Equipos eléctricos móviles (19)



**Figura 20. Equipos eléctricos móviles (19)**

### 2.3.3. Tablero eléctrico de resistencia neutro a tierra

#### 2.3.3.1. Características

##### a) Aplicación (19):

- Transformadores de distribución

##### b) Protección

- Fallas a tierra
- Monitoreo de la resistencia



**Figura 21. Tablero eléctrico de resistencia**

### 2.3.3.2. Especificaciones técnicas

Resistencia de neutro a tierra 277 V (L-N) – 5 A continuos  
55.4 Ohms (NGR) (19).



**Figura 22. Tablero porta Ground Check**

- Tipo de producto: resistencia para puesta a tierra de neutro
- Tipo de elemento: I-Gard Wirewound Resistor
- Mantenimiento de elemento: acero inoxidable grado eléctrico con bajo coeficiente de temperatura
- Coeficiente de temperatura: 0.0002 Ohms/C
- Voltaje: 277 Volts L/N en la resistencia
- Corriente: 5 Amperes
- Resistencia: 55.4 Ohms +/- 10 %
- Operación: continuo
- Elevación de temperatura: 375 °C máximo en elementos resistivos □ Altitud: < 1500 m s. n. m.
- Gabinete: NEMA3R
- Acabado pintura: ANSI 61 gris
- Dimensiones estimadas: 69.8 cm x 52.1 cm x 27.6 cm
- Peso estimado: 40 kg

### 2.3.3.3. Componentes del tablero *Grounding Check*



**Figura 23. Componentes de tablero NGR**

- Tapa de ingreso
- Barra de neutro (R)
- Sensor de corriente de secuencia cero (T3A)
- Resistencia limitadora (NGR)
- Barra de tierra (R1)
- Tapa de salida
- Sensor de resistencia (NGRS-6)
- Relé de protección (Igard - Sigma)
- Transformador de control 480/120 V – 50 VA (CPT)
- Interruptor de control

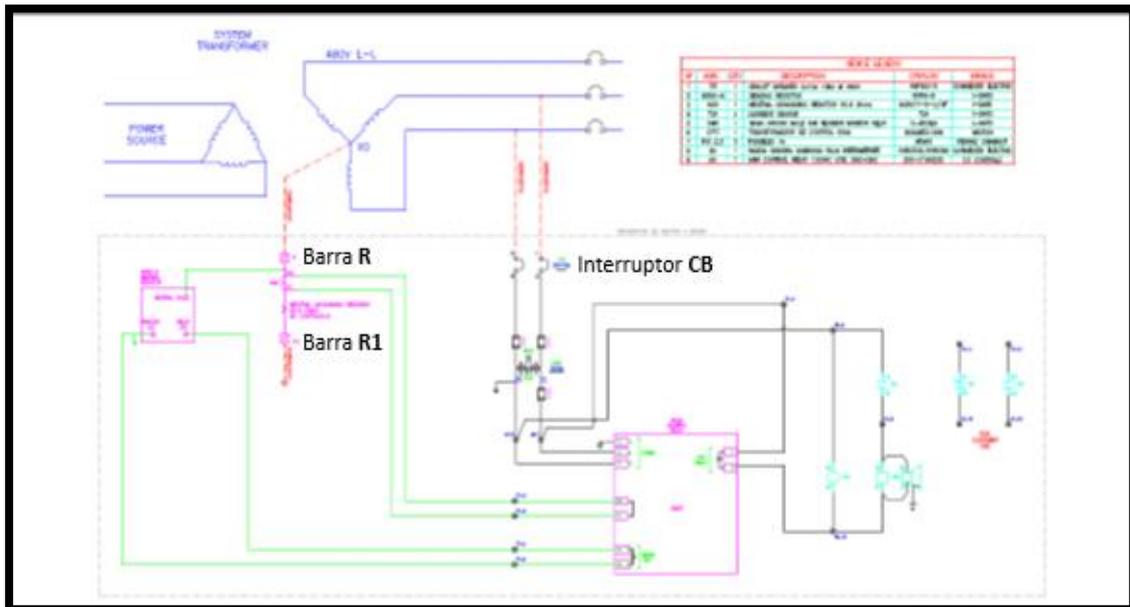


Figura 24. Tableros eléctricos de resistencia neutro a tierra (19)

## 2.3.4. Dispositivos de protección

### 2.3.4.1. Relé sigma monitor

Es un dispositivo de protección con indicadores de fallas. Contiene 2 leds de falla y 2 botones de *reset* (reseteo) y *test* (prueba).

El Led de GND FLT (falla a tierra) permanece apagado en estado normal. Permanece encendido cuando hay falla a tierra.

El Led de NGR FLT (falla por monitoreo de resistencia limitadora) permanece apagado en estado normal. Permanece encendido cuando hay falla de resistencia.

Para realizar *reset* (reseteo) se debe oprimir el botón.

Para realizar *test* (prueba) se debe oprimir el botón 3 segundos (19).



Figura 25. Relé sigma monitor (19)

### 2.3.4.2. Ajustes del relé sigma monitor

Modo de operación (DIP SWITCH #1): el modo de operación del disparo general (Trip), mas no los disparos auxiliares.

Modo *failsafe* (operación de bajo voltaje): desenergizado el relé los contactos de salida se mantienen como indica. Energizado el relé los contactos de salida cambian de estado.

Modo *no failsafe* (operación Shunt): desenergizado o energizado el relé con los contactos de salida (19).

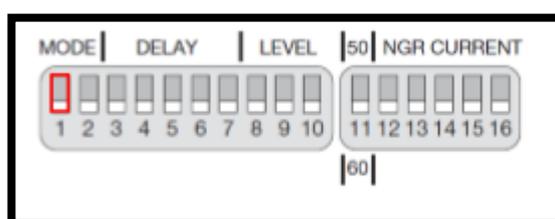


Figura 26. Ajuste del relé sigma monitor (19)

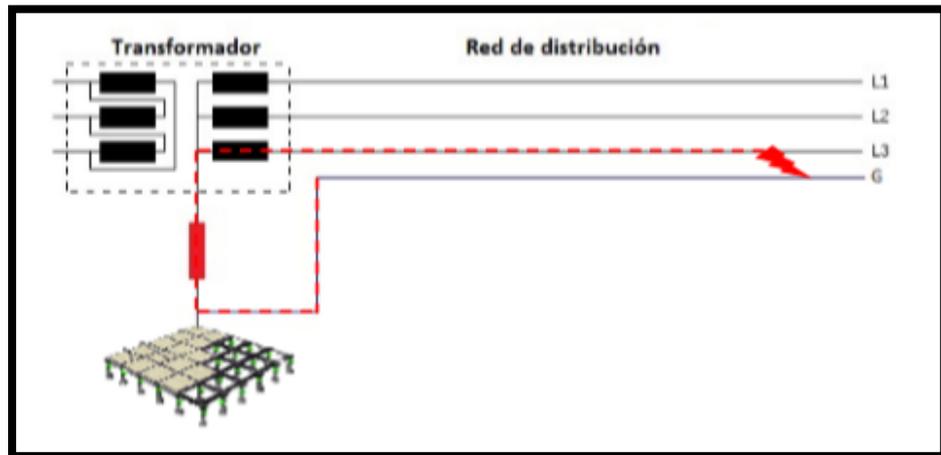
### 2.3.4.3. Operación del tablero

#### a) Falla a tierra

El relé registra fallas a tierra (*ground fault*) mediante las mediciones de corriente a través de la NGR.

La corriente es medida usando un sensor de corriente de secuencia cero (ZSCS).

Si la corriente de falla a tierra es superior al ajuste de la corriente limitadora por el NGR (10 %), entonces el relé indica falla en GND y realiza un disparo en el tiempo de ajuste (250 ms) (19).



*Figura 27. Falla a tierra (19)*

#### **b) Falla por NGR (resistencia limitadora)**

El relé monitorea el NGR usando los siguientes dos métodos:

- **Continuidad:** si el ZSCS mide una corriente de NGR inferior al 1 % del valor de ajuste, el relé solo monitorea la resistencia NGR por continuidad (si se encuentra abierto o está presente alguna resistencia, el relé indica falla en NGR y realiza un disparo en un tiempo de 3,5 a 10 s) (19).
- **Medición:** si el ZSCS mide un corriente de NGR superior al 1 % del valor de ajuste. Es usado cuando la combinación de corriente a través del ZSCS y el voltaje del neutro a tierra indican que la resistencia crece a un valor mayor de 150 % o decrece a un valor menor que el 70 % del valor nominal, y el relé indica falla en NGR y realiza un disparo en 3.5 s (19).

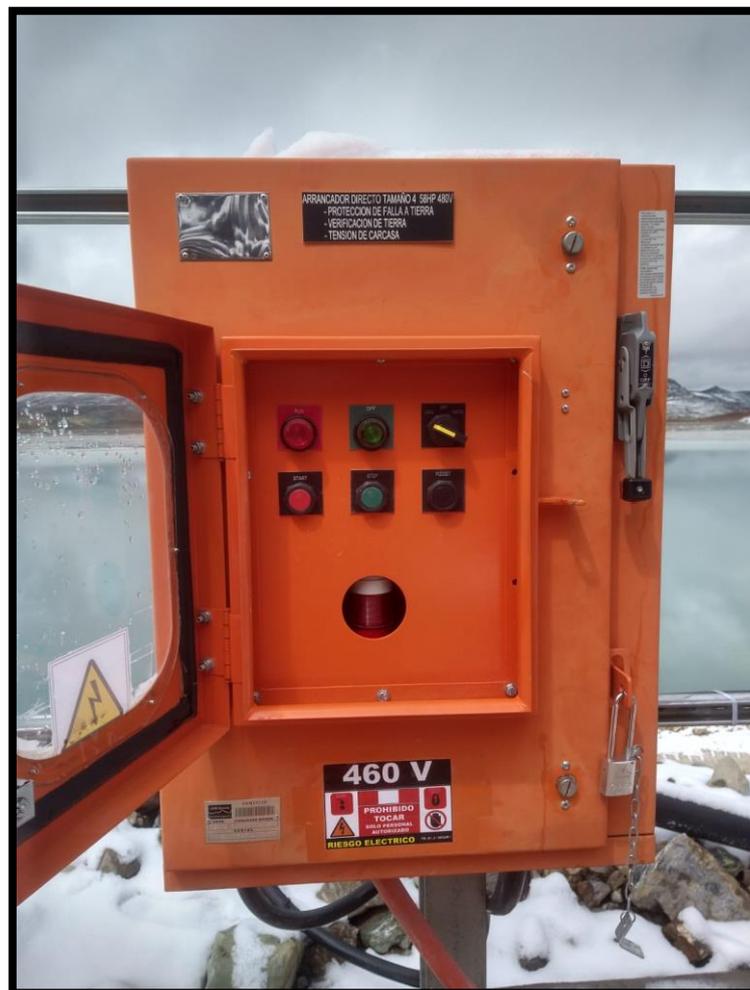
## 2.3.5. Tablero eléctrico *grounding check*

### 2.3.5.1. Aplicación

- Equipos de perforación electro-hidráulica

### 2.3.5.2. Protección

- Verificación de tierra
- Fallas a tierra
- Voltaje en carcasa



*Figura 28. Tablero eléctrico grounding check*

### 2.3.5.3. Tipos de tableros *grounding check*

- **Tablero GCHK - 150 A**

Interruptor 3x150AF / 50-150AT65kA@ 480VAC / LSI Cable de entrada, calibre: 2AWG

- **Tablero GCHK - 250 A**

Interruptor 3x250AF / 70-250AT65kA@ 480VAC / LSI Cable de entrada, calibre: 1/0AWG

- **Tablero GCHK - 400 A**

Interruptor 3x400AF / 160-400AT65kA@ 480VAC / LSI Cable de entrada, calibre: 4/0AWG

Cable de circuito de control, calibre: 14AWG / SIS Ins.

#### **2.3.5.4. Componentes del tablero *grounding check***

- Prensaestopa metálica de entrada
- Barra, 3 barras de fase 1, barra de tierra (G)
- Interruptor principal (MCB)
- Interruptor termomagnético de control (CBGC)
- Transformador de control 480/120 V - 100VA (CPTGC)
- Relé minero GCHK-100
- 2 interruptores termomagnéticos (CBV1 – CBV2)
- Sensor de corriente de secuencia zero (GFCT)
- Conector hembra de 5 conductores, 3 conductores de fase 1, conductor de tierra (G), 1 conductor de verificación de tierra (GC)



**Figura 29. Componentes del tablero *grounding check***

### 2.3.5.5. Diagrama esquemático

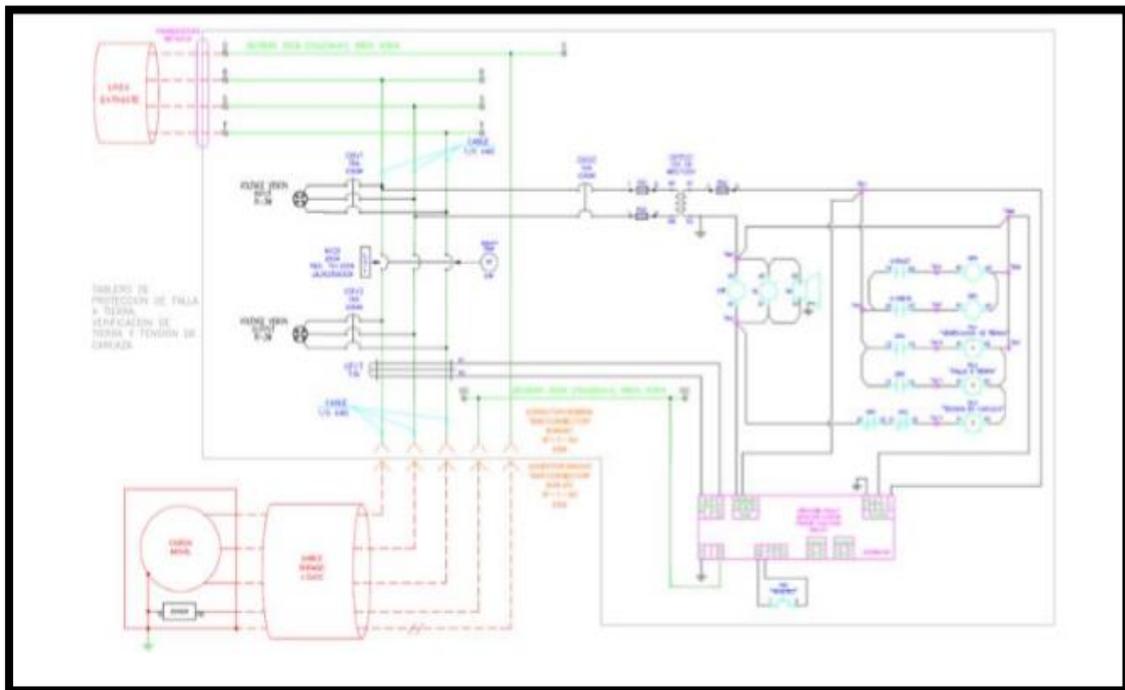


Figura 30. Diagrama esquemático (19)

### 2.3.5.6. Relé minero GCHK-100

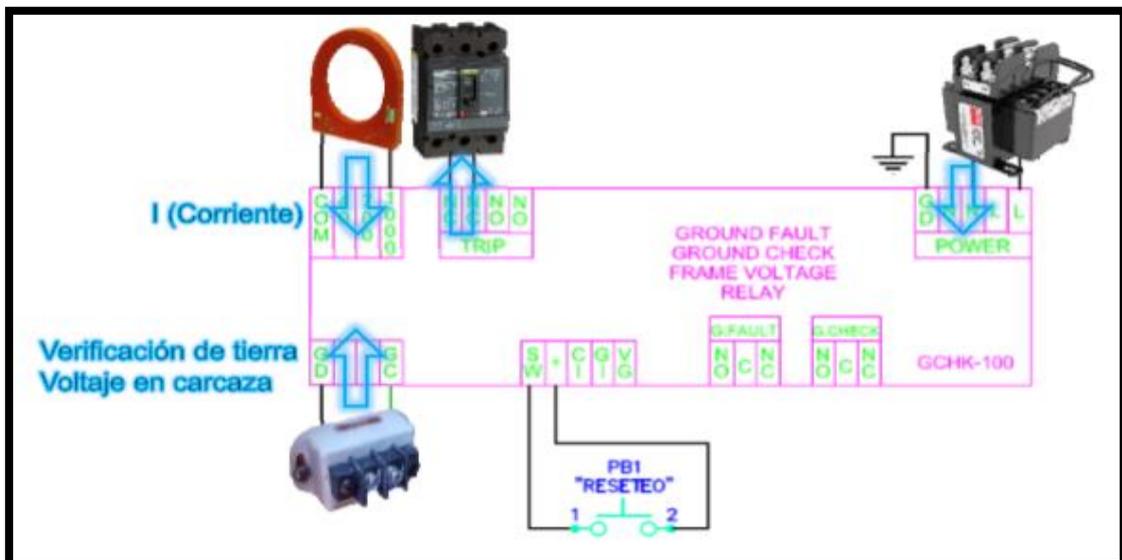


Figura 31. Relé minero GCHK-100 (19)

### 2.3.6. Relé minero GCHK-100

- Es un dispositivo de protección con indicadores de fallas. Contiene 3 leds y botón de reset (reseteo) / test (prueba).

- El Led de *ground check* - RG (verificación de tierra) permanece encendido en estado normal. Permanece apagado cuando hay falla por verificación de tierra.
- El Led de *ground fault* - IG (falla a tierra) y *frame voltage* - VG (voltaje en carcasa) permanece apagado en estado normal. Permanece encendido cuando ocurre falla.
- Para realizar reset (reseteo) se debe oprimir una vez el botón.
- Para realizar test (prueba) se debe oprimir dos veces rápidamente en el botón.



**Figura 32. Relé minero GCHK-100 (19)**

### 2.3.6.1. Funcionamiento correcto del tablero *grounding check*



Figura 33. Funcionamiento correcto del tablero *grounding check* (19)

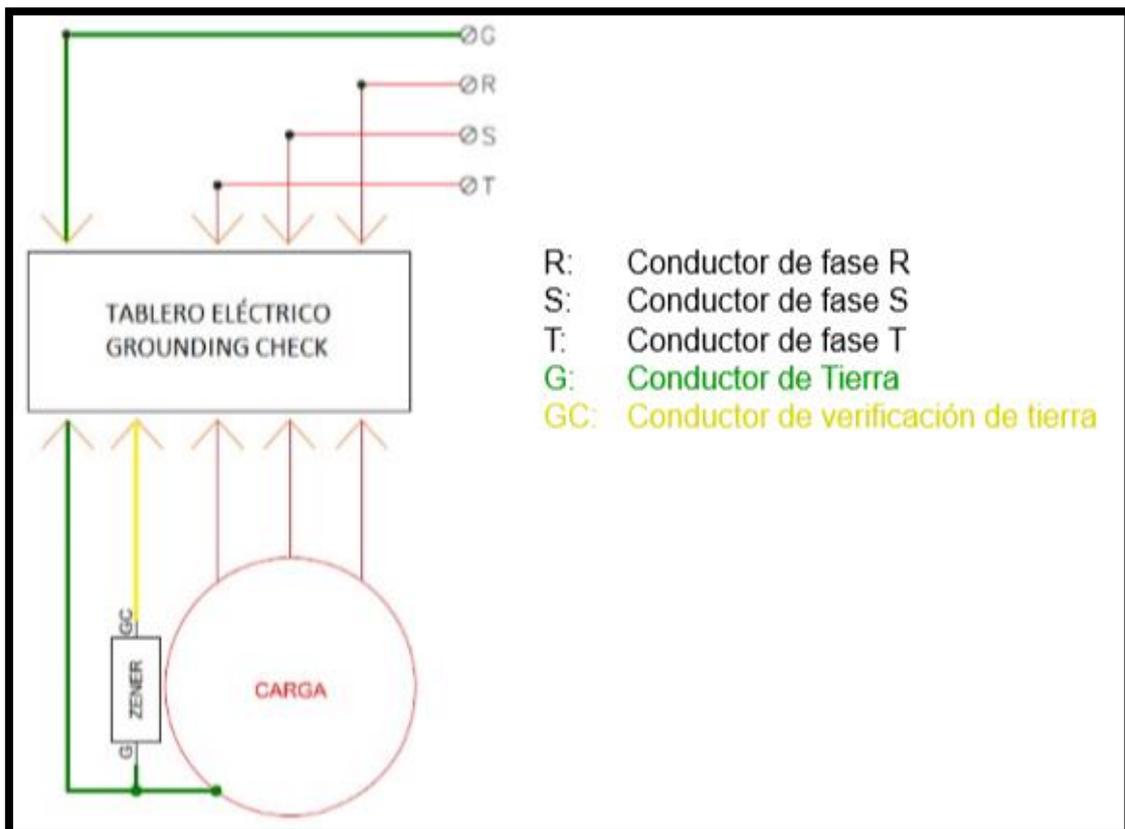


Figura 34. Funcionamiento correcto del tablero *grounding check* (19)

## **2.4. Volcán compañía minera S. A. A.**

### **2.4.1. Objetivo**

El objetivo general del estándar es establecer las especificaciones mínimas de materiales en general y requerimientos de diseño para los tableros de alimentación de energía para los equipos móviles en las unidades mineras de Volcan y que serán de implementación obligatoria. Las instalaciones existentes se adecuarán a este estándar de acuerdo a un plan, y serán evaluadas para determinar la existencia de riesgos que impidan su operación con seguridad, en cuyo caso se harán las modificaciones necesarias (20).

El estándar incluye los requerimientos esenciales para la instalación de los tableros eléctricos y cables de arrastre para equipos móviles destinados a uso minero y se aplicará a toda nueva instalación o a las que requieran un *up grade* (19).

### **2.4.2. Alcance**

Todo equipo móvil de propiedad de Volcan o contratistas (20).

### **2.4.3. Referencias legales y otras normas**

- R. M. 037-2006-MEM/DM "Código Nacional de Electricidad-Utilización"
- R.M. N O 308-2001-EMIVME "Uso de la Electricidad en Minas"
- R.M. 091-2002-EM/VME "Terminología en Electricidad de Símbolos Gráficos"
- Normas DGE "Símbolos Gráficos en Electricidad"
- Normas DGE "Terminología en Electricidad"
- D. S. 024-2016-EM y su Modificatoria D. S. 023-2017-EM "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería" y otras medidas complementarias en minería Título V: Capítulo I (Artículos del 360 al 366)
- Manual de Seguridad en las Instalaciones Eléctricas, Osinerg, Perú
- CSA-M421 "Use of Electricity in Mines"
- NEMA "National Electrical Manufacturers Association"

#### 2.4.4. Definiciones

Acoplador de cables (*cablc coupler*). Dispositivo hembra-macho en el cual se conecta el extremo de un cable de suministro con un equipo u otro cable (5 polos: 3P + IG + I CC).

Cable portátil de potencia (*portable power cable*). Cable extra flexible proveniente de una fuente de energía eléctrica conectado al tablero de alimentación para equipos movibles. Usado para conectar equipos móviles o estacionarios en minas cuando no sea practicable una instalación permanente de acuerdo a la normativa ANSI/NEMA WC 58-2017.

Cubierta (*jacket*). Cubierta termoplástica o termoestable algunas veces reforzada, aplicada sobre el aislamiento principal, cubierta metálica o armadura de un cable.

Conductor de puesta a tierra (*grounding conductor*). Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

Conexión equipotencial (*bonding*). La unión permanente de partes metálicas para formar un paso o una trayectoria eléctricamente conductiva, que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir cualquier corriente que le sea impuesta (20).

Dispositivo (resistencia) de puesta a tierra del neutro (*neutral-ground*) impedancia (55.4 Ohm) usada para conectar tierra el neutro de un sistema eléctrico, con el propósito de controlar la corriente de tierra y la tensión a tierra. Para el caso práctico de Volcan en 480 VAC, de 5 Amperios continuos.

Equipo eléctrico movable. Equipo alimentado por un cable de arrastre y que está diseñado para ser movido solo cuando está desenergizado.

Mina. Cualquier apertura, excavación o trabajo de la tierra para propósitos de extracción, acondicionamiento o prueba de cualquier mineral o sustancia con contenido mineral, cuerpo mineralizado, mineral o yacimiento de carbón, estrato, suelo, roca, lecho de tierra, arcilla, arena, grava, etc.

Monitoreo del conductor de tierra (*ground-conductor monitoring*). Acción de verificar la continuidad del conductor de tierra de los cables de alimentación (20).

#### **2.4.5. Personal autorizado**

Personas que han sido advertidas de los peligros de la operación de los equipos eléctricos, instruidos y autorizados en el manejo de estos por autoridad competente de una empresa minera.

#### **2.4.6. Personal calificado**

Técnico electricista con las competencias en mantenimiento y operación de los equipos móviles y de los peligros involucrados.

Para el propósito de esta especificación se considera lo siguiente:

##### **2.4.6.1. Tablero de alimentación de energía para equipos de perforación**

Con un encerramiento para ambiente severo y se consideran los siguientes componentes principales:

1. Tablero metálico con encerramiento Nema 4, para montaje sobre *rack*.
2. Interruptor termomagnético regulable dependiendo de la carga, con *shunt trip* (bobina de disparo).
3. Manija de accionamiento lateral y *Lock Out* (bloqueo).
4. Relé de falla a tierra y monitoreo de tierra para cable minero según NEMA WC58
5. Conector mural minero, 250, 400 Amp. 480 VAC, trifásico con tierra y piloto verificador de tierra

6. Accesorios de control y señalización visual y sonora en general

#### **2.4.6.2. Tablero arrancador para bombas sumergibles**

Con un encerramiento para ambiente severo y se consideran los siguientes componentes principales:

1. Interruptor termomagnético regulable dependiendo de la carga, con *shunt trip* (bobina de disparo).
2. Relé de térmico electrónico.
3. Relé de falla a tierra y monitoreo de tierra para cable minero NEMA WC58
4. Transformador de control 460V/120V
5. Barra de tierra.
6. Palanca de accionamiento lateral (*lock out*)
7. Tablero metálico con encerramiento nema 4, para montaje sobre rack.
8. Contactor(es) de arranque.
9. Conector minero de 75, 125, 225, 480 VAC, trifásico con tierra y piloto verificador de tierra.
10. Transformador de corriente toroidal
11. Accesorios de control y señalización visual y sonora en general

#### **2.4.7. Especificaciones del estándar**

##### **2.4.7.1. Trabajos sobre equipos con tensión**

- (5.1.1.) Ninguna reparación o modificación podrá llevarse a cabo sobre los equipos con tensión.
- (5.1.2.) No obstante lo indicado en el numeral 5.1.1, si se requiere hacer ajustes, pruebas y calibraciones mientras el equipo esté con tensión, se tomarán todas las precauciones necesarias para que estas operaciones se realicen en forma segura y únicamente por personal calificado (20).

##### **2.4.7.2. Manual de normas y procedimientos**

Todo sistema eléctrico de Volcan deberá contar con manuales internos de procedimientos sobre actividades de

operación y mantenimiento del sistema eléctrico que se desarrolle en las unidades.

#### **2.4.7.3. Cables portátiles de potencia (arrastre)**

- (5.3.1) Los cables portátiles de potencia que operen a tensiones que excedan los 300 V seguirán los numerales 5.3.2 a 5.3.4 de este estándar.
- (5.3.2) Los cables portátiles de potencia serán fabricados de acuerdo a la norma NEMA NO WC-58 "*Portable and power feeder cables for use in mines and similar applications*" o similar.
- (5.3.3) Los cables portátiles de potencia que operen a tensiones que excedan los 750 V serán de los tipos SHD, SHD-GC o similares.
- (5.34) La capacidad de corriente de los cables portátiles de potencia deberá exceder la máxima demanda de la carga conectada (en el intervalo de 15 minutos).
- (5.3.5) Al poner a tierra las carcasas de los equipos (que se alimentan desde sistemas con neutro aterrado a través de resistencia), el conductor de monitoreo de tierra y el conductor de tierra formarán un lazo de monitoreo al conectarse a la estructura de un equipo en dos puntos diferentes, de tal manera que se incluya la armadura del equipo en el lazo de monitoreo de tierra.

#### **2.4.7.4. Equipos móviles**

Las perforadoras, compresoras superiores a los 40 HP, perforadoras del tipo "*raise borer*", equipos de profundización de piques y bombas sumergibles, que operen a tensiones por encima de los 300 V y estén conectados a una fuente de tensión con un cable portátil de potencia deberá:

- a. Usar cables portátiles de potencia que cumplan con los requerimientos de la norma NEMA No WC 58 y serán de los tipos SHC-GC, SHD-GC o G-GC.

- b. Tener una protección de falla a tierra y un monitoreo del conductor de tierra en el lado de la fuente; o el equipo movable estará unido a la red de tierra usando un conductor externo de capacidad equivalente a los conductores de tierra del cable portátil de potencia.
- c. Donde sea practicable, no estar sujeto a tensiones de falla a tierra que excedan los 100 V.

#### **2.4.7.5. Acopladores de cables**

Los acopladores de cables que se usen para unir cables portátiles de potencia que operen a tensiones que excedan los 300 V deberán tener:

- a. Un dispositivo de sujetamiento mecánico, para unir el acoplador de cable, con una resistencia a la tracción mayor que el de los cables portátiles de potencia.
- b. Dispositivos liberadores de esfuerzo adecuados para el cable portátil de potencia.
- c. Medios para prevenir el ingreso de humedad.
- d. Una disposición de pines de modo que:
  - ✓ El pin del conductor de tierra cierre antes y abra después que los pines de los conductores de fase.
  - ✓ El pin de monitoreo de la línea de tierra cierre después y abra antes que los pines de los conductores de fases.

#### **2.4.7.6. Empalmes permanentes en cables de arrastre (equipos de perforación)**

Cuando se haga empalmes permanentes en cables de arrastre, estos empalmes serán:

- a. Mecánicamente fuertes con una adecuada conductividad eléctrica.
- b. Aislados y sellados en forma efectiva para evitar el ingreso de humedad.
- c. Probados por continuidad y aislamiento, por personal calificado antes de ser puestos en servicio.

- d. Un registro de reparaciones y pruebas será conservado.
- e. Para estos empalmes se debe usar el kit correspondiente.

#### **2.4.7.7. Empalmes permanentes en cables de arrastre (bombas sumergibles)**

Se prohíbe el uso de empalmes en los cables de arrastre para equipos movibles como las bombas sumergibles; en su lugar, deberán emplearse conectores (hembra-macho) de tal forma que aseguren como mínimo los puntos a), b) y c) del acápite 5.7 del presente estándar. Se debe emplear como máximo un juego de conectores hembra-macho por cada equipo. Las características del empalme deben ser:

Un juego de conector aéreo trifásico 3Ph+1G+1 P, hembra y macho, 600VAC, IP67 no metálico.

#### **2.4.7.8. Detalles para el diseño y construcción de tableros de arranque para bombas sumergibles**

- (5.9.1) Diseño y construcción

Tablero para operaciones de minería subterránea robusta de espesor mínimo de 2.5 mm.

- (5.9.2) Encerramiento

Resistente al ambiente severo del interior de la mina (nema 4). El tablero debe tener la capacidad de izaje con ganchos y montaje mural.

- (5.9.3) Dimensiones

Las dimensiones deben ser minimizadas de tal forma que cumplan con los estándares eléctricos de diseño de tableros.

Ningún equipo eléctrico o de operación debe sobresalir más allá del recinto general. El tablero debe incluir y contener todas las asas, enchufes, luces, indicadores, todos los elementos de control y protección, etc.

- (5.9.4) Puertas

Construcción formada, soldada y rígida, equipadas con bisagras y chapas de servicio pesado, además de una provisión para bloqueo de candado. Debe evitar el acceso al compartimento del interruptor cuando el interruptor esté en la posición de encendido. Evitar el funcionamiento del interruptor cuando la puerta del compartimento del interruptor esté abierta. Otro sistema de bloqueo de colocación de candado debe disponerse para cerrar el cubículo de control para el acceso solo de personal autorizado.

- (5.9.5) Ingreso y salida de cables

Proveer la prensa estopa correspondiente para el ingreso de cable minero con un diámetro promedio de 2", para la salida principal considerar un conector minero tipo mural de acuerdo a la carga del equipo a operar (anexo I), 480 VAC, trifásico con tierra y piloto verificador de tierra.

- (5.9.6) Bus de tierra

Proporcionar borneras a una barra de tierra de cobre para el conexionado de los componentes internos, además de los cables de entrada y salida.

- (5.9.7) Interruptor de caja moldeada

El interruptor termomagnético de caja moldeada Nema de acuerdo al anexo 2 35kA/480VAC debe ser diseñado para proteger los sistemas eléctricos de los daños causados por sobrecargas y cortocircuitos, la unidad de disparo debe considerar protecciones

L, S, I. El interruptor debe contar con accionamiento lateral y *lock out*.

- (5.9.8) Transformador de control

El transformador de control debe proporcionar 120 voltios, monofásico, 60 Hz con un terminal del devanado secundario vivo y el otro sólidamente puesto a tierra. Proporcionar una capacidad adecuada de VA para las cargas internas del tablero.

Debe ser con las bobinas totalmente encapsuladas y con construcción resistente al medio ambiente, listado UL, con terminales atornillables robustos, de fácil acceso.

- (5.9.9) Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente deben ser de una precisión adecuada para protección requerida. Las polaridades deben estar marcadas según planos esquemáticos. Las ventanas del transformador de corriente de secuencia cero deben ser dimensionadas para el cableado del alimentador de tamaño máximo basado en el tamaño del bastidor del interruptor principal.

- (5.9.10) Protección y control

La protección y control se especifica en el anexo 3.

#### **2.4.7.9. Cableado**

- (5.10.1) Cableado de control de baja tensión

Conductor de cobre estañado, trenzado con aislamiento de polietileno reticulado de enlace cruzado (XLPE), la clasificación de temperatura debe ser de 90 °C en ubicaciones húmedas o secas, la clasificación de voltaje será de 600 voltios, debe tener calificación UL y CSA.

El cableado será # 14 AWG mínimo para controles y cableado # 12 AWG mínimo para transformadores de corriente.

Cableado en longitudes continuas, sin empalmes entre puntos de conexión, instalados en canaletas o bien atados y sujetos al panel.

Proporcionar espacio de repuesto para bloques de terminales y relés para acomodar el número máximo de interruptores secundarios. Montar los bloques de terminales para transformadores de corriente separados de los bloques de terminales de control.

Terminar todo el cableado en los bloques de terminales si no se termina en los dispositivos. No más de un cable en cualquier terminal es aceptable, excepto donde sea necesario un puente. Utilizar conectores tipo espada de compresión donde el cableado se termina en hardware (relés, medidores, conmutadores, etc.). Las conexiones soldadas no están permitidas.

Identificar todos los cables en ambos extremos con marcadores de alambre de tipo manga permanente, con números de alambre como se muestra en los dibujos esquemáticos de control del fabricante, con conexiones de polaridad de transformador de corriente claramente identificadas.

▪ (5.10.2) Bloques de terminales

Para el cableado de control, se proporciona un bloque de terminales de construcción modular con las siguientes características.

- ✓ De Nylon poliamida montado en rieles tipo TS32 o TS35
- ✓ Tornillos y clip resorte de latón-niquelado o acero, zincado y piezas de sujeción cromadas, barra de corriente de cobre o latón
- ✓ Conjunto de sujeción del conector de la jaula de elevación
- ✓ Clasificado 25A, 600V AC

✓ # 20 a # 10 AWG tamaño de alambre, entrada de alambre canalizado

▪ (5.10.3) Placas de identificación

Los letreros se deben fijar permanentemente, las placas de identificación deben ser plásticas fenólicas plastificadas del tamaño constante con letras gruesas del alto grado de 3/8" con el fondo blanco. Todos los componentes del tablero de alimentación de energía deben estar identificados. El tablero debe estar identificado con la siguiente información:

- ✓ Datos del equipo suministrado
- ✓ Numero de OC
- ✓ Fecha de fabricación
- ✓ Modelo y serie del equipo suministrado

La puerta debe proporcionar las señales de advertencia que indiquen la tensión de funcionamiento máxima presente.

▪ (5.10.4) Acabados

El tablero debe ser acabado con un sistema de pintura epóxica para el acero, que tendrá uso industrial pesado y subterráneo. El tablero deberá ser de color naranja RAL 2004 y el interior en blanco.

▪ (5.10.5) Pruebas

Se deberá llevar un registro de las pruebas de rutina del fabricante, además de las requeridas por las normas y legislación mencionadas.

## **2.4.8. Responsabilidades**

### **2.4.8.1. Vicepresidente de operaciones**

- Aprobar el presente documento.

#### **2.4.8.2. Gerente general de operación de cada unidad**

- Liderar la difusión, ejecución y cumplimiento del presente estándar.

#### **2.4.8.3. Superintendente y supervisor de seguridad**

- Exigirán el cumplimiento de las normas y estándares para la habilitación de estocadas y nichos, de acuerdo a los estándares, a fin de realizar la correcta instalación de los tableros eléctricos para equipos móviles de acuerdo al presente estándar.
- Reportar el incumplimiento a la Superintendencia de Mina.

#### **2.4.8.4. Superintendente de mantenimiento**

- Asegurar el cumplimiento del presente estándar bajo responsabilidad.
- Asegurar que la jefatura y personal de mantenimiento eléctrico cuenten con los recursos necesarios para el desarrollo del presente estándar.
- Ser el nexo de comunicación con la operación de ser requerido para las coordinaciones correspondientes.
- Realizar inspecciones y auditorías a las instalaciones eléctricas de la mina para identificar desviaciones al presente estándar.

#### **2.4.8.5. Jefe y supervisor de mantenimiento eléctrico**

- Supervisar en campo la correcta ejecución del presente estándar.
- Capacitar al personal sobre el presente estándar.
- Coordinar con la operación las facilidades en campo necesarias para la instalación de tableros.
- Facilitar al personal los procedimientos, herramientas y materiales necesarios para ejecutar los trabajos con seguridad y calidad.
- Asegurar que el personal cumpla con la instalación de los tableros de acuerdo a procedimientos establecidos para tal fin.

#### **2.4.8.6. Jefe de guardia o supervisor de operaciones de mina**

- Habilitar las estocadas o nichos de acuerdo a los estándares establecidos para tal fin.
- Exigir al operador el protocolo de conexión de los conectores con energía cero, accionando la manija *lock out* de la caja eléctrica
- Comunicar a mantenimiento eléctrico de mina la necesidad de traslado o instalación de las cajas eléctricas.

#### **2.4.8.7. Supervisor de mantenimiento eléctrico**

- Inspeccionar que las estocadas a realizar por el área de mina cumplan con las dimensiones especificadas.
- Inspeccionar que se cumpla con las normas de fabricación de los tableros eléctricos.
- Inspeccionar el adecuado sistema de bloqueo.
- Inspeccionar que todos los tableros eléctricos cumplan con las señalizaciones y código de colores.
- Evitar ordenar instalaciones eléctricas cuando no se cumplan los estándares de las estocadas y nichos o falta de alcayatas para cables.

#### **2.4.8.8. Trabajadores**

- Cumplir con los procedimientos de instalación de tableros eléctricos con seguridad, siguiendo los estándares de aislamiento, energía cero y bloqueo.

#### **2.4.9. Frecuencia de revisiones**

El presente estándar deberá ser revisado una vez por año.

#### **2.4.10. Equipo de trabajo**

El equipo de trabajo estará constituido por:

- Gerente de Mantenimiento
- Gerente de Energía
- Superintendentes de mantenimiento de cada unidad
- Jefes de mantenimiento eléctrico de cada unidad

### **2.4.11. Revisión y mejoramiento continuo**

Las revisiones y mejoras al estándar pueden presentarse por cambios en la norma, mejoras en el diseño que superen la norma o desviaciones observadas a la misma; para cuyos casos, se deberá revisar el estándar de manera inmediata

## **2.5. Definición de términos básicos**

### **2.5.1. GCHK-100, relé minero**

#### **2.5.1.1. Instalación**

##### **Montaje**

El GCHK-100 se suministra con una placa posterior de montaje en superficie para proporcionar un montaje simple de 4 orificios, compatible con las unidades existentes. Si no existen agujeros, taladre 4 agujeros en la ubicación de montaje para 4 tornillos para chapa o autorroscantes del n.º 6 (21).

#### **2.5.1.2. Unidades remotas**

Los indicadores remotos están destinados para montaje empotrado en un lugar visible. Requieren áreas recortadas en los paneles de montaje. Ver dibujos dimensionales para más detalles.

Cableado (consulte la figura de diagrama de conexión y la de terminales de relé) (21).

#### **2.5.1.3. Poder de control**

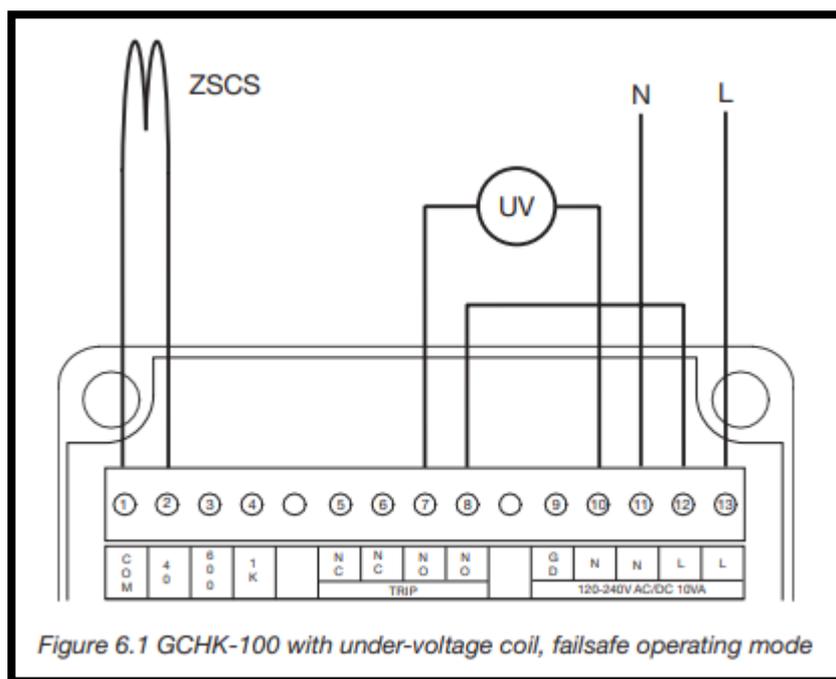
Se requiere potencia de control para el relé GCHK-100. La potencia puede ser CA o CC y entre 100 y 250V. Una fuente debe tener una capacidad nominal de al menos 5 VA (10 VA para el GCHK-100-Z12V).

Los transformadores de control se pueden conectar al lado de **línea** del interruptor de protección a través de fusibles de protección o cualquier otra fuente confiable de energía. La operación a prueba de fallas no se puede lograr con la conexión

del lado de **carga**, ya que el interruptor se dispararía antes de que el GCHK-100 hubiera energizado el relé de **disparo** evitando así el cierre (21).

Además, la indicación sería anulada con el interruptor disparado y sin energía.

Los terminales de línea (12, 13) están unidos internamente y se pueden usar indistintamente al igual que los terminales neutros (10,11). Los terminales adicionales están disponibles para simplificar el cableado de campo. Al usar el voltaje de control para también alimentar la bobina de disparo de derivación o la bobina de bajo voltaje, se puede usar un puente de cable desde uno de los terminales. Esto se muestra en la figura 37 (21).



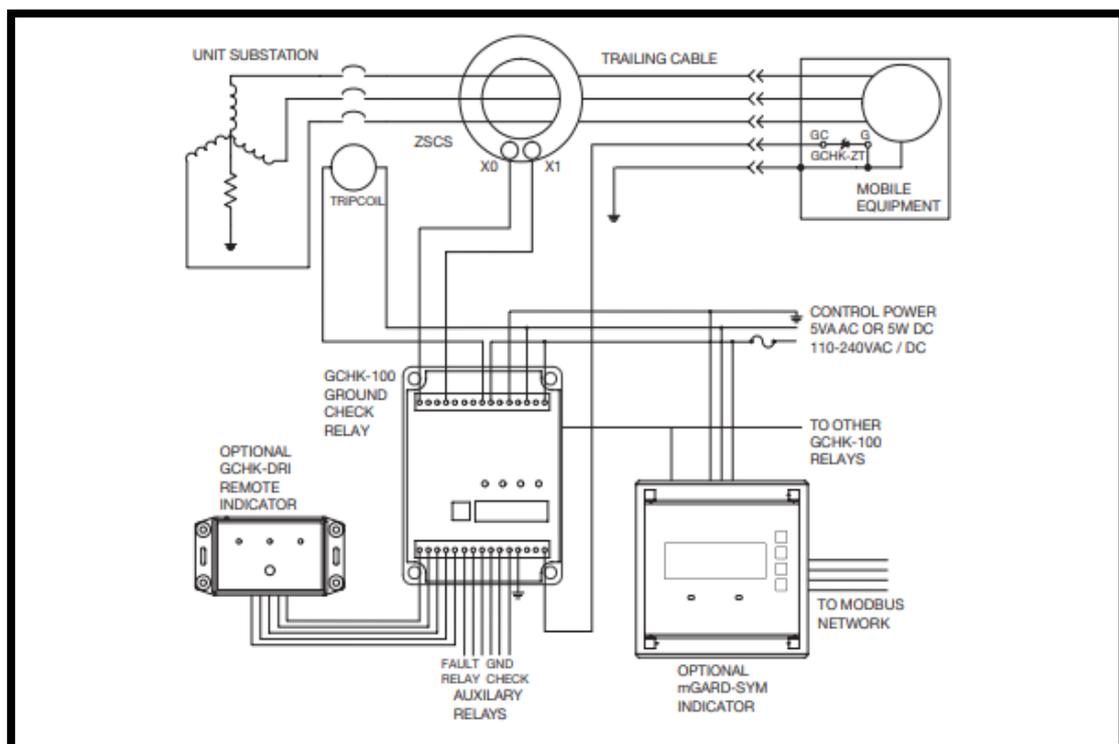
**Figura 35. GCHK-100 with under- voltage coil (21)**

#### 2.5.1.4. Sensores de corriente

No hay restricciones en la ubicación del sensor ZSCS, se puede usar el cable sin blindaje n.º 14 para conectar las terminales SEC del sensor tipo T a la terminal 1000 y la tierra del **sensor** como

se muestra en el diagrama de conexión de la figura 36. Para otros tipos de sensores, se usaría la terminal 600 o 40 dependiendo de la relación del sensor elegido.

Todas las fases suministradas al cable de arrastre deben pasar por la ventana del ZSCS, que debe dimensionarse respectivamente. Los sensores I-Gard van desde 2 in a 9 in en diámetro. Ni el conductor de tierra, ni el piloto de los conductores de tierra pasan a través del sensor; de lo contrario, la detección de falla a tierra estaría deshabilitada.



**Figura 36. Connection diagram shows the shunt (21)**

### 2.5.1.5. Verificación de tierra

*Ground check* se logra mediante el uso de un cable piloto (GC). Este cable suele ser una parte del cable de alimentación.

Se utiliza para llevar una corriente de monitoreo a la máquina que se está monitoreando. El cable piloto debe estar

correctamente terminado en su punto final (la máquina que está siendo monitoreada). Un terminador de diodo zener como el GCHK-ZT o equivalente es requerido.

El terminal de tierra debe estar conectado a un sistema confiable de tierra. Esto proporciona una ruta de retorno para el actual y completa el bucle de verificación de tierra. Asegúrese de que todos los cables estén firmemente conectados para eliminar la adición resistencia al sistema (21).

#### **2.5.1.6. Voltaje de marco**

El monitor de voltaje de marco es una característica adicional que se monitorea a través del cable piloto de verificación de tierra.

No se requiere cableado adicional para el monitor de voltaje de marco (21).

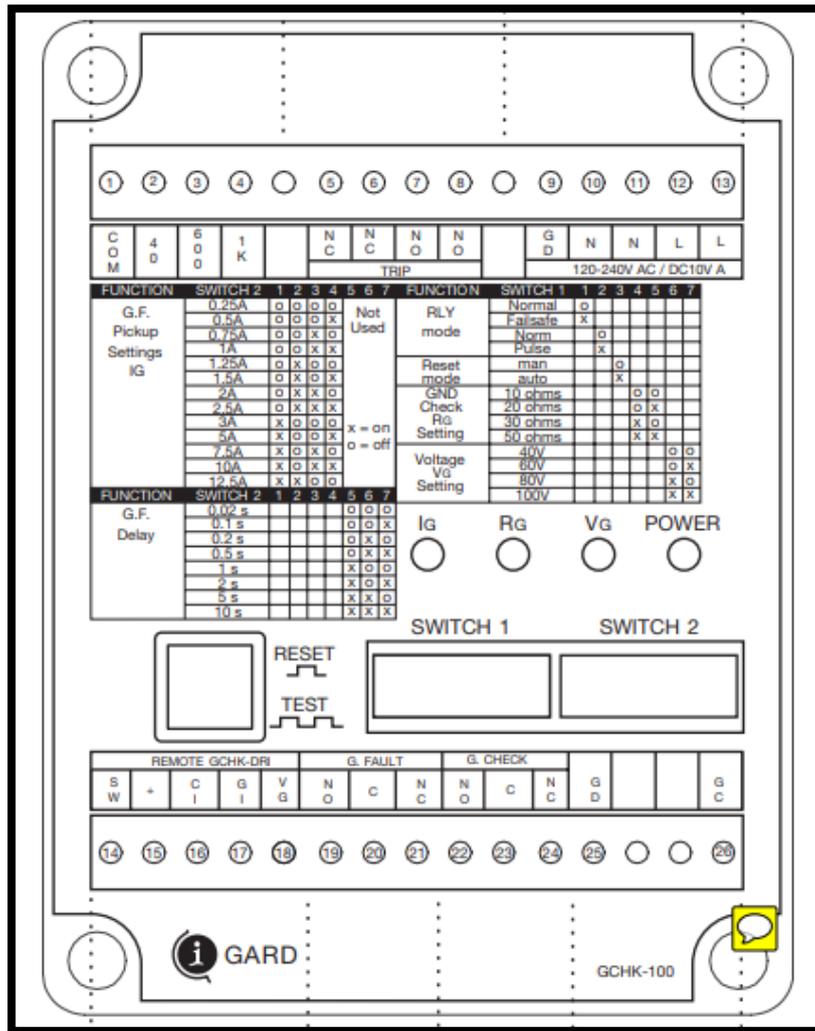


Figura 37. Relay terminal drawing (21)

### 2.5.2. Configuración

Se puede acceder a dos interruptores DIP etiquetados **interruptor 1** e **interruptor 2** a través de la placa frontal. Estos son usados para configurar todos los ajustes y modos de funcionamiento del GCHK-100 como se muestra a continuación en la figura 38. El GCHK-100 puede funcionar en diferentes modos seleccionables con el interruptor 1 (21).

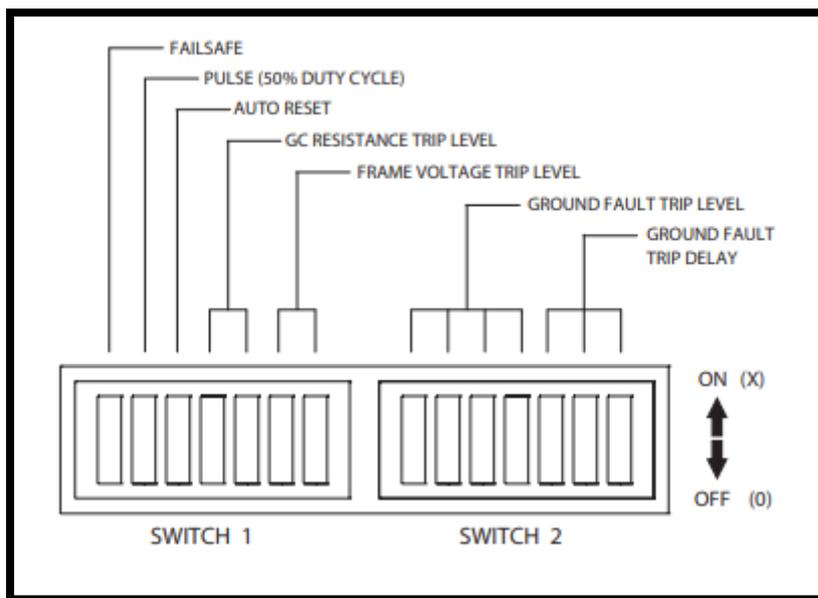


Figura 38. DIP Switch setup (21)

El modo normal es con un relé de **disparo** no energizado que se energiza cuando se excede el nivel de disparo por una duración superior al retardo de tiempo seleccionado. Alternativamente, se puede seleccionar el modo **failsafe** que permite operación con un relé **trip** energizado. Esto permite la desconexión del dispositivo **trip** en caso de que se corte la energía interrumpida en el caso (por ejemplo) de pérdida de un fusible de control. Nota para el funcionamiento a prueba de fallos, la potencia de control debe estar conectado a una fuente que no sea interrumpida por la operación de disparo del interruptor.

Tabla 6. Modes of operation (Switch 1)

Function	1	2	3	4	5	6	7
Normal Mode	0						
Failsafe Mode	X						
Normal Trip		0					
Pulse Trip		X					
Manual Reset			0				
Auto Reset			X				

Nota: tomada de Falla a tierra, sistema de protección (21)

La operación de **disparo** se puede modificar mediante el uso de la posición 2 del interruptor 1. Cuando está **encendido**, los contactos del relé de **disparo** están pulsando en lugar de continuo. Esta función reduce el ciclo de trabajo de las bobinas de **disparo** que no están continuamente

nominal y no tienen contactos auxiliares que abran y eliminen la corriente de disparo.

Solo para una condición de disparo de verificación de tierra, el relé de **disparo** GCHK-100 y su relé auxiliar pueden activarse automáticamente.

Se restablece al eliminar la condición de falla sin la intervención del operador. De lo contrario, todos los relés son manuales, reinicie presionando los botones **reset** en el relé o en los indicadores remotos.

### 2.5.2.1. Falla a tierra

El GCHK-100 está configurado por interruptores DIP para diferentes modos de operación y niveles de disparo.

Los ajustes de captación de falla a tierra se establecen usando los interruptores 1, 2, 3 y 4 en el interruptor DIP 2.

Están disponibles los siguientes ajustes de recogida (21).

**Tabla 7. Ground fault pickup settings**

Function	Setting	1	2	3	4	5	6	7
Switch 2 Ground Fault Pickup Settings IG	0.25 A	0	0	0	0			
	0.5 A	0	0	0	X			
	0.75 A	0	0	X	0			
	1A	0	0	X	X			
	1.25 A	0	X	0	0			
	1.5 A	0	X	0	X			
	2A	0	X	X	0			
	2.5 A	0	X	X	X			
	3A	X	0	0	0			
	5A	X	0	0	X			
	7.5 A	X	0	X	0			
	10 A	X	0	X	X			
12.5 A	X	X	0	0				

Nota: tomada de Falla a tierra, sistema de protección (21)

Tolerancia de configuración de captación: -15 % / + 0 % (de acuerdo con los requisitos de UL, CSA e IEC).

Cuando se detecta una falla a tierra, se operan dos relés, es decir, el relé de **disparo** principal (forma Z) y un relé auxiliar con contactos en forma de C (21).

### 2.5.2.2. Retardo de disparo por falla a tierra

Los interruptores 5, 6, 7 en el interruptor DIP 2 se utilizan para seleccionar el retardo de disparo por falla a tierra (consulte la tabla 8).

Intervalo entre la detección de una falla y el disparo del relé. La demora se cancelará si la falla desaparece antes de que el retardo expire, evitando así una operación de disparo innecesaria (21).

**Tabla 8. Ground fault trip delay settings**

Function	Setting	1	2	3	4	5	6	7
Switch 2	0.02 s					0	0	0
Ground	0.1 s					0	0	X
Fault	0.2 s					0	X	0
Delay	0.5 s					0	X	X
Settings	1 s					X	0	0
	2 s					X	0	X
	5 s					X	X	0
	10 s					X	X	X

*Nota:* tomada de Falla a tierra, sistema de protección (21)

Tolerancia de retardo de disparo: -2 / +5 m s o  $\pm 2,5$  % del retardo de disparo, el que sea mayor.

Una vez que se detecta una falla a tierra, el contador de retardo de disparo comienza a cronometrar el intervalo de disparo. Si la falla a tierra desaparece durante el tiempo especificado en la siguiente tabla o más, el temporizador se reinicia y el relé no se dispara (19).

**Tabla 9. Ground fault delay reset intervals**

Trip Delay	
0.02 s	Does not clear
0.1 s	18.3 m s
0.2 s	38.3 m s
0.5 s	98.3 m s
1 s	196.6 m s
2 s	398.3 m s
5 s	398.3 m s
10 s	398.3 m s

Nota: tomada de Falla a tierra, sistema de protección (21)

### 2.5.2.3. Ground Check

El nivel de disparo de verificación de tierra se puede ajustar usando el interruptor DIP 1, interruptores 4 y 5. Hay cuatro niveles de resistencia disponible como se muestra en la tabla 10. Evite usar la configuración de 10 Ohmios con una terminación de 50 W (21).

**Tabla 10. Ground Check settings**

Function	1	2	3	4	5	6	7
10 Ohms				0	0		
20 Ohms				0	X		
30 Ohms				X	0		
50 Ohms				X	X		

Nota: tomada de Falla a tierra, sistema de protección (21)

El relé **disparo** operará cuando la resistencia del bucle de tierra exceda el ajuste por un período de entre 150 m s y 300 m s. También se apagará el indicador led RG en el relé y el indicador remoto.

La resistencia actual de *ground check* se puede monitorear usando el indicador remoto mGARD-SYM. El indicador muestra la resistencia de tierra como un porcentaje del nivel de disparo actual. Se puede ver un viaje de *ground check* en tanto en el mGARD-SYM como en el GCHK-DRI (la luz se apagará) (21).

#### **2.5.2.4. Operación de voltaje de marco**

Para brindar un mayor grado de protección al operador, se incluye una función de detección de voltaje en la operación del Relé GCHK-100 para detectar si el voltaje de marco a tierra del equipo móvil ha excedido los niveles preestablecidos.

La detección de voltaje operará dentro de 100 m s (más rápido que la detección de resistencia de verificación de tierra) y dentro 30 m s si el voltaje del marco supera los 100 V CA. La intención es proporcionar un mayor margen de seguridad para el operador y otros en las cercanías del equipo (21).

El voltaje del marco se puede monitorear usando el indicador remoto mGARD-SYM. El indicador muestra el marco de voltaje como porcentaje del nivel de disparo actual. Se puede ver un disparo de voltaje de marco tanto en el mGARD-SYM como en el en el GCHK-DRI (se encenderá el led rojo).

Una luz VG parpadeante indica una sobrecarga térmica, debido a un voltaje de marco elevado (superior a 30 VCA, para un período prolongado de tiempo). El relé no se puede restablecer hasta que se enfríe a un funcionamiento interno aceptable de temperatura.

Nota: para voltajes de marco más altos, el fusible incorporado puede abrirse antes de que se dispare la sobrecarga térmica. El tipo de fusible de repuesto debe ser Buss FNQ-1/2 o equivalente 1/2 A fusible de retardo de tiempo (21).

El nivel de disparo de voltaje del marco se puede ajustar a diferentes niveles según la tabla 11:

**Tabla 11. Frame voltaje settings**

<b>Función</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
40 V						0	0
60 V						0	X
80 V						X	0
100 V						X	X

*Nota:* tomada de Falla a tierra, sistema de protección (21)

## **2.5.3. Mantenimiento y pruebas**

### **2.5.3.1. Peligro**

Peligro de descarga eléctrica, quemaduras o explosión.

Toda la instalación, el servicio y las pruebas a las que se hace referencia en este manual deben ser realizadas por personal calificado.

Se debe desconectar toda la energía antes de quitar las cubiertas o envolventes y donde los conductores activos puedan quedar expuestos (21).

El incumplimiento de estas precauciones puede provocar la muerte o lesiones personales graves y daños al equipo.

Antes de colocar una falla a tierra intencional en el sistema de energía, verifique que una falla no existe ya. Cualquier equipo de falla a tierra de prueba debe estar clasificado para el voltaje del sistema y la capacidad de interrupción, y estar protegido por fusibles.

Debido al diseño de estado sólido y al uso de componentes sellados, no es necesario reparar el GCHK-100 que no sea quitar el polvo ocasionalmente con un paño húmedo o una aspiradora durante el cuadro de distribución regular de mantenimiento.

Para probar el relé GCHK-100 y la indicación remota, el botón *reset/test* se presiona dos veces rápidamente en sucesión.

El relé se disparará, la falla a tierra, los leds de voltaje del marco se encenderán y el led de verificación de tierra se apagará.

El estado se mantendrá hasta el **reinicio** (con una sola pulsación del botón **reinicio/prueba**). Todos los relés funcionarán.

Si la inspección anual requiere pruebas más elaboradas, esto se puede realizar mediante la inyección primaria de corriente de prueba a través de la ventana del ZSCS y verificando que la configuración de recolección esté dentro de la tolerancia.

La prueba debe hacerse con una fuente de corriente, que sea sinusoidal, tenga una medición precisa y tenga una frecuencia de 50/60 Hz.

Los retardos de tiempo se pueden medir con un osciloscopio de almacenamiento digital. Esto se puede hacer de muchas maneras, pero una forma es aplicar una resistencia de prueba de "falla" al sistema con el osciloscopio conectado a un transformador de corriente dispuesto para que mida la corriente de "falla". El tiempo de retardo será el tiempo que la corriente pasa por la "falla" de prueba. Se debe tener en cuenta que la resistencia debe estar clasificada para corriente continua a la tensión nominal (21).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método, tipo y nivel de la investigación**

##### **3.1.1. Tipo**

La investigación científica en el presente trabajo es de tipo aplicada, utilizando el enfoque cuantitativo, ya que considera conocimientos existentes sobre influencia de los tableros eléctricos *grounding check* en la protección de equipos de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022; entonces, se está utilizando resultados de investigación para buscar nuevos conocimientos para aplicaciones prácticas que permitan plantear alternativas de protección mediante relés inteligentes.

##### **3.1.2. Nivel**

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación es descriptivo, ya que parte de las características de la influencia de los tableros eléctricos *grounding check* en la protección de equipos de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022. Es una investigación asociativa que trata de hallar correspondencia.

### 3.1.3. Método

#### 3.1.3.1. Método general

El método de investigación fue el científico, ya que se inicia por la identificación de las partes que caracterizan una realidad y a partir de ello se establece la relación entre los elementos que componen el objeto de investigación. En este caso se identificaron y caracterizaron de la influencia de los tableros eléctricos *grounding check* en la protección de equipos de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

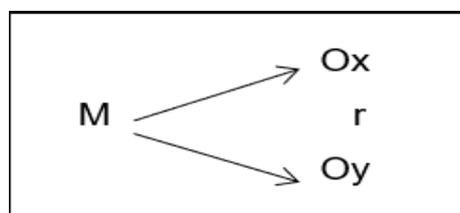
#### 3.1.3.2. Método específico

Como método específico se eligió el método descriptivo, hipotético y estadístico, porque consiste en analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos o fenómenos y sus variables que les caracterizan en su estado actual.

### 3.2. Diseño y esquema de la investigación

El diseño utilizado fue el correlacional, en la medida que los resultados obtenidos en la medición de las variables han sido tratados, para determinar el grado de influencia que existe entre las variables estudiadas.

Los datos cuantitativos y las observaciones de muestreo de la influencia de los tableros eléctricos *grounding check* en la protección de equipos de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022, responde al siguiente modelo.



M, muestra

O, representa a las observaciones o mediciones realizadas

X, representa la variable

Y, representa a la variable

r, representa la relación hipotética de las variables

### **3.3. Población, muestra y técnica de muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La población está constituida por los tableros eléctricos de la sala de máquinas en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra es unitaria, estuvo constituida por los tableros eléctricos de la sala de máquinas en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

#### **3.3.3. Tipo de muestreo**

Se realizó el muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que las unidades muestrales no se seleccionaron al azar, sino que fue elegida por el investigador por encontrarse a mayor alcance.

### **3.4. Técnica e instrumento de acopio de datos**

#### **3.4.1. Técnica de fichaje**

Esta técnica se utilizó con el fin de recoger información teórica tanto al momento de realizar el diseño como el informe final y dentro de ella se tiene:

- Ficha bibliográfica. Se utilizó al momento de elaborar las referencias bibliográficas.
- Ficha de resumen. Se utilizó para elaborar las bases teóricas.
- Ficha documental. Esta técnica se utilizó al momento de revisar la influencia de los tableros eléctricos *grounding check* en la protección de los equipos de bombeo.

#### **3.4.2. Técnica de registros**

Se aplicó esta técnica debido a que la información sobre el fenómeno u objeto de estudio, solo es posible obtenerla a través de archivos o registros dentro del trabajo diario, para ello en la investigación

se utilizaron frecuentemente las hojas de reporte de mediciones eléctricas de los tableros eléctricos en la protección de los equipos de bombeo.

### **3.5. Técnicas de procesamiento de datos**

La tabulación de los datos estadísticos se realizó a través de cuadros unidimensionales y bidimensionales según se indicó.

Se utilizaron estadísticos descriptivos como la media aritmética y desviación estándar.

Para la contratación de la hipótesis se empleó la prueba de  $r_s$  de Spearman para probar independencia de variables.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados de prueba y prueba de hipótesis, interrelación**

##### **4.1.1. Procesamiento de información**

En la minera se realizaron ensayos para la protección de equipos de bombeo mediante los tableros eléctricos, donde la confiabilidad de los resultados son una premisa, el área de mantenimiento eléctrico indica que los equipos, como el sistema de bombeo, presentan falsas lecturas en cuanto la protección, y por la cual, se tiene que estar reduciendo o nivelando el trabajo de estos equipos y, por ende, no se lograba alcanzar la capacidad nominal para la cual fue diseñado. La investigación da la solución al problema detectado en la minera, y de ese modo se tiene el control de procesos de operaciones de mina, de forma tal para revisar y optimizar las etapas que se tienen dentro del ciclo de protección.

##### **4.1.2. Cuadro comparativo de pérdidas antes y después de la instalación del tablero “*grounding check*”**

En la minera de Alpamarca Volcan se produce una tasa de procesamiento del mineral bruto, el concentrado de cobre es producido a partir del mineral mediante procesos de chancado, molienda, flotación espesamiento, y filtrado. En las mejoras realizadas se evidencia que no se llegaba a la meta mencionada, por ello la instalación de los tableros eléctricos “*grounding check*” corrige los múltiples desperfectos generando

paradas o desaceleración del proceso, lo que conlleva a pérdidas en la producción.

**Tabla 12. Comparación de pérdidas en producción, filtrado de cobre por de mantenimiento planta filtros**

Producción/día sin “grounding check”	Fecha	Producción/día Con “grounding check”	Fecha	Total de pérdidas en producción t/h
1578.695 t/d	20-02-2022	1822.968 t/d	12-04-2022	244.273 t/h
Falsa lectura		Sincronización		Falsa lectura
1657.517 t/d	23-02-2022	1785.396 t/d	18-04-2022	127.879 t/h
Falsa lectura		Sincronización		Falsa lectura
1568.532 t/d	05-03-2022	1829.998 t/d	20-04-2022	261.466 t/h
Falsa lectura		Sincronización		Falsa lectura
1678.517 t/d	10-03-2022	1763.496 t/d	22-04-2022	84.979 t/h
Falsa lectura		Sincronización		Falsa lectura
1761.417 t/d	15-03-2022	1756.196 t/d	25-04-2022	5.221 t/h
Optimo sin GCH		Sincronización		Falsa lectura
1796.847 t/d	16-03-2022	1838 t/d	27-04-2022	41.153 t/h
Falsa lectura		Optimo		Falsa lectura
1678.516 t/d	18-03-2022	1838 t/d	28-04-2022	159.484 t/d
Falsa lectura		Óptimo con GCH		Falsa lectura
1761.417 t/d		1838 t/d		76.583 t/h
Optimo sin GCH		Óptimo con GCH		Lectura real

En la tabla 12 se observan falsas lecturas sin los tableros “grounding check”, que simulaban pérdidas alarmantes, y eran distorsiones y falsas alarmas, pero que generaba preocupación al operador de los equipos de bombeo, llegando a obtener resultados negativos de producción, tal es el caso que solo se estaba produciendo 1761.417 t/d. Con la instalación de los tableros eléctricos “grounding check” se mejoró el funcionamiento de los equipos de bombeo, corrigiendo distorsiones generadas por sobretensiones y llegando a obtener una producción óptima de 1838 t/d.

**Tabla 13. Pérdidas económicas en filtrado de cobre, por una hora de mantenimiento de la planta de filtros**

Producción diaria 24 horas	1,838 t/d
Pérdidas en 1 hora de filtrado	76.583 t/h
Costo por tonelada de cobre	\$ 4,873 dólares
Pérdidas en dinero por día	\$ 373,188 dólares

**Tabla 14. Pérdidas económicas en filtrado de molibdeno, por una hora de mantenimiento planta filtros.**

Producción diaria 24 horas	25.704 t/d
Pérdidas en 1 hora de filtrado	1.071 t/h
Costo por tonelada de molibdeno	\$ 5,500 dólares
Pérdidas en dinero por día	\$ 5,890.5 dólares

**4.1.3. Pruebas realizadas sin protección de tableros eléctricos  
“*grounding check*”**

**4.1.3.1. Prueba 1: medición de la corriente y tiempo de  
descarga de los equipos de bombeo**

Con una velocidad de recirculación al 50 %, la prueba resultó con inconvenientes por capacidad de aire, llegando a una presión máxima de 627 kPa y rampa real de 413 kPa.

**Tabla 15. Simulación para el cálculo de filtrado de mineral en los filtros 1, 2; sin “grounding check”**

	Turno	Close Clamp	Back Wash	Feed	Core Wash	Cake Blow	Cake Descarge	Cloth Wash	Tiempo	Ciclos
Equipo de bomba 1	Anterior	1 m 17 s	0 m s	5 m 26 s	1 m 48 s	3 m 11 s	1 m 39 s	1 m 2 s	14` 25``	30
	Actual	1 m 17 s	0 m s	3 m 57 s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	5` 14``	7
Equipo de bomba 1	Anterior	1 m 16 s	0 m s	4 m 45 s	37 s	3 m 11 s	1 m 23 s	1 m 2 s	12` 17``	42
	Actual	6 S	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0` 6``	19
Equipo de bomba 1	Anterior	1 m 21 s	0 m s	5 m 26 s	25 s	3 m 10 s	2 m 8 s	1 m 2 s	13` 35``	41
	Actual	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	0` 0``	17
									<b>Acum. anterior</b>	113
									<b>Acum. actual</b>	43

Nota: tomada de Alpamarca Volcan

**Tabla 16. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 50 % de velocidad sin “grounding check”**

Prueba	% Solidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60	627 kPa	50%	10 s	35 s	150	195	3` 02``	14` 25``	25/2/2022
M2	60	627 kPa	50%	10 s	35 s	150	195	3` 27``	12` 17``	25/2/2022

#### 4.1.3.2. Prueba 2: medición del tiempo de operación del PLC y VFD

Se probó a condiciones actuales con tiempo de rampa = 0 (controlador) y con tiempo de rampa en el VFD = 30 s.

**Tabla 17. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2, 3; sin “grounding check”**

Prueba	% Solidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60	627 kPa	50 %	0 s	30 s	150	207	3` 02``	14` 25``	27/2/2015
M2	60	627 kPa	50 %	0 s	60 s	150	219	3` 27``	12` 17``	27/2/2015
M3	60	628 kPa	70 %	0 s	30 s	150	202	3` 00``	13` 35``	27/3/2015

#### **4.1.3.3. Prueba 4: medición de la corriente y tiempo de descarga del equipo de bombeo al 50 % y 70 % de velocidad**

Se probó con 50 % y 70 % de velocidad mínima, con tiempo de rampa = 0 (controlador) y con tiempo de rampa en el VFD = 30 s.

Filtros 1, 2 y 3 con etapa de soplado a la vez; con periodo de 3 minutos y porcentaje de sólidos al 60 %, dicha prueba resultó satisfactoria en cuanto a la presión de alimentación, pero con un elevado amperaje de 238.7 A, en el M1 al reducir de forma inesperada la velocidad de recirculación en un 50 % en el M2, M3 también se notó error de lecturas con respecto al tiempo.

**Tabla 18. Simulación para el cálculo de filtrado de mineral en los filtros 1, 2, 3; sin el “grounding check”**

Turno	Close Clamp	Back Wash	Feed	Core Wash	Cake Blow	Cake Descarge	Cloth Wesh	Tiempo	Ciclos
Anterior	1 m 17 s	0 m s	5 m 28 s	40 s	3m 11s	1 m 38 s	1 m 2 s	13` 17``	30
Actual	1 m 17 s	0 m s	5 m 32 s	38 s	3m 11s	1 m 38 s	44 s	13` 3``	9
Anterior	1 m 16 s	0 m s	4 m 46 s	36 s	3m 11s	1 m 23 s	1 m 2 s	12` 17``	42
Actual	1 m 16 s	0 m s	4 m 46 s	36 s	3m 11s	1 m 23 s	1 m 2 s	12` 17``	20
Anterior	1 m 21 s	0 m s	5 m 46 s	25 s	3m 11s	2 m 8 s	1 m 2 s	13` 35``	41
Actual	1 m 21 s	0 m s	10 m 24 s	0 m s	0 m s	0 m s	0 m s	11` 45``	17
<b>Acum. anterior</b>									113
<b>Acum. actual</b>									46

**Tabla 19. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 50 % y 70 % de velocidad sin “grounding check”**

Prueba 4	% Solidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 Kpa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60	627 kPa	70 %	10 s	35 s	150	238.7	3` 52``	13` 17``	13/3/2015
M2	60	627 kPa	50 %	0 s	30 s	150	206	2` 52``	12` 17``	13/3/2015
M3	60	627 kPa	50 %	0 s	30 s	150	205	4` 02``	11` 45``	13/3/2015

#### 4.1.3.4. Resultados de las pruebas sin “grounding check”

En conclusión, ingeniería recomienda continuar con el proceso de protección de equipos de bombeo operando con los tres compresores a la vez y además modificar en la lógica de control de forma tal que en automático permita realizar las etapas de soplado a la vez en 3 filtros, 2 filtros y en un solo filtro, de forma tal de obtener mayores ciclos y por ende mayor producción de concentrado.

Tabla 20. Datos resaltantes de las pruebas sin “grounding check” filtros 1, 2, 3

Motores	Corriente A	Velocidad	Tiempo/ ciclos	Presión	Producción / día	Fecha
Prueba 1	195	50 %	3`27``	627 kPa	1578.695 t/d	25/2/2015
Prueba 2	219	50 %	3`27``	627 kPa	1657.517 t/d	27/2/2015
Prueba 3	219	50 %	2`52``	611 kPa	1568.532 t/d	2/3/2015
Prueba 4	238.7	70 %	3`52``	627 kPa	1678.517 t/d	13/3/2015
Prueba 5	226	70 %	3`38``	630 kPa	1761.417 t/d	16/3/2015
Prueba 6	248.7	70 %	0`22``	807 kPa	1796.874 t/d	17/3/2015
Prueba 7	189	70 %	4`00``	640 kPa	1678.516 t/d	18/3/2015
Resultados	248.7	70 %	4`02``	640 kPa	1578.695 t/d	

#### 4.1.4. Resultados estadísticos de pruebas realizadas sin la protección del “grounding check”

Sin la protección de sobretensiones transitorias se observa en todas las pruebas del equipo de bombeo que da una reducción y elevada corriente, que afecta de forma constante al controlador.

La prueba 7 es una de los mejores resultados de todas las pruebas sin el DPS, con relación a la producción, pero con un exceso en el tiempo, obteniendo 4 minutos 2 segundos; llegando a 190 ciclos en 24 horas, con una presión alimentada de 640 kPa y una producción de 1761.417 t/d, con bajo amperaje por arranque improvisado del M2 y M3, haciendo que la configuración se vuelva a reprogramar.

**Tabla 21. Desequilibrio de corriente del equipo de bombeo, sin “grounding check”**

<b>Prueba de campo</b>	<b>Corriente de consumo en Amperios</b>
P1	195 A
P2	219 A
P3	2019 A
P4	238.7 A
P5	226 A
P6	248.7 A
P7	189 A

#### **4.1.5. Tiempo de respuesta de los equipos de protección**

En la minera de Alpamarca Volcan, se considera el tiempo de respuesta en la protección de equipos de bombeo mediante diferentes sistemas de protección, por lo que se realizaron siete pruebas para determinar la confiabilidad de respuesta de estos equipos, como los equipos de bombeo que permite las operaciones positivas en la minera, a continuación, se muestran los hallazgos encontrados.

**Tabla 22. Desequilibrio en el tiempo de respuesta en la protección de equipos de bombeo sin “Grounding check”**

<b>Prueba de campo</b>	<b>Tiempo ms de respuesta de la protección sin “Grounding check”</b>
P1	207
P2	207
P3	172
P4	232
P5	218
P6	22
P7	240

En la tabla 22 se observa que 22 segundos fue el mínimo (prueba 6 en el motor, con la protección estándar; la señal de tiempo que da el PLC es crítico porque conlleva a acelerar la presión y por ende la velocidad del motor al 100 %, incrementando así la presión en las tuberías con un alto riesgo de explosión, la reducción del tiempo se debe a las pruebas realizadas de arranque y parada de los motores de alta potencia, incrementando los picos en milisegundos del amperaje de consumo y afectando de forma progresiva a equipos electrónicos que trabajan en lazo abierto.

#### 4.1.5.1. Producción mineral

En la minera de Alpamarca Volcan es muy importante el funcionamiento de todos los equipos y muchos más del equipo de bombeo, por ello se debe incidir en la protección de ellos; a continuación, se muestra la producción de mineral con los tableros tradicionales.

**Tabla 23. Desequilibrio en la producción y control sin “grounding check”**

Prueba de campo	Producción (t/d) controlado
P1	1578695
P2	1657571
P3	1568532
P4	1678517
P5	1761417
P6	1798 847
P7	1678516

En la tabla 23 se observa que 1798.847 t/d fue la producción óptima sin la protección del tipo *grounding check*, pero con riesgo progresivo en los equipos electrónicos y peligro de explosión en las tuberías por exceso de presión y tiempo mínimo indicado por el PLC, para el desarrollo de trabajo.

#### 4.1.6. Análisis de datos con el tablero eléctrico “grounding check”

##### Pruebas con motores de 150 hp de los equipos de bombeo

Se realizó la instalación del tablero eléctrico *grounding check* de protección contra sobretensiones y se procedió a realizar las mismas pruebas drásticas que se hicieron anteriormente y, de esta manera, demostrar que sí ayuda en la protección de los equipos electrónicos contra las corrientes transitorias. Se realizó la instalación del tablero eléctrico *grounding check* y se procedió a realizar las pruebas drásticas que se hicieron anteriormente sin el DPS y, de esta manera, demostrar que sí ayuda en la protección de los equipos electrónicos contra las corrientes transitorias.

#### 4.1.7. Pruebas realizadas con protección del “grounding check”

##### 4.1.7.1. Prueba 1: medición de la corriente y tiempo de descarga de las bombas

Se probó a condiciones actuales (50 % de velocidad mínima) con tiempo de rampa = 0 s (controlador), y con tiempo de rampa de aceleración/desaceleración = 20 s y velocidad inicial 50 %.

**Tabla 24. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 50 % de velocidad con “Grounding Check”**

Prueba	% Sólidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60	650 kPa	50 %	0 s	20 s	150	203	1'10''	12'57''	17/4/2022
M2	60	650 kPa	50 %	0 s	20 s	150	203	1'10''	12'58''	17/4/2022
M3	60	650 kPa	50 %	0 s	20 s	150	203	1'09''	12'53''	17/4/2022

##### 4.1.7.2. Prueba 2: medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2, 3

Probar a condiciones actuales con tiempo de rampa = 0 s (controlador) y con tiempo de rampa de aceleración / desaceleración = 10 s, con una presión de 650 kPa, programados en el transmisor identificador de flujo, para obtener una rampa de 414 kPa constantes en un tiempo óptimo.

**Tabla 25. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2, 3 con “grounding check”**

Prueba	% Sólidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60-61	650 kPa	70 %	0 s	10 s	150	203	1'08''	12'37''	20/4/2022
M2	60-61	650 kPa	70 %	0 s	10 s	150	203	1'09''	12'53''	20/4/2022
M3	60-61	650 kPa	70 %	0 s	10 s	150	202	1'11''	12'59''	20/4/2022

##### 4.1.7.3. Prueba 3: medición de la corriente y tiempo de descarga del equipo de bombeo

Se probó con 70 % de velocidad mínima con tiempo de rampa = 0 s (controlador) y con tiempo de rampa de aceleración/desaceleración = 10 s y 70 % de velocidad mínima, quitando de servicio de forma improvisada a la bomba de alimentación 245-pp-004, 005 se nota en las mediciones de

corriente que el tablero eléctrico “grounding check”, si está cumpliendo su función al mantener el amperaje estable y por ende el funcionamiento correcto del equipo de bombeo.

**Tabla 26. Medición de la corriente y tiempo de descarga de los motores al 70 % de velocidad con “grounding check”**

Prueba 3	% Sólidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corrientes A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60-61	650 kPa	70 %	0 s	10 s	150	203	1'08"	12'37"	21/4/2022
M2	60-61	0 kPa	0 %	0 s	0 s	150	0	0	0	21/4/2022
M3	60-61	0 kPa	0 %	0 s	0 s	150	0	0	0	21/4/2022

**Tabla 27. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros con el grounding check**

Prueba 3	% Sólidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	60-61	650 kPa	70 %	15 s	20 s	150	203	1'10"	12'57"	24/4/2022
M2	60-61	650 kPa	0 %	15 s	20 s	150	203	1'09"	12'50"	24/4/2022
M3	60-61	650 kPa	0 %	15 s	20 s	150	203	1'07"	12'30"	24/4/2022

#### 4.1.7.4. Prueba 6: medición del tiempo de operación del sistema de bombas

Se probó con 70 % de velocidad mínima a 203 A (cambio en variador), con tiempo de rampa = 15 s (controlador) y con tiempo de rampa de aceleración/desaceleración = 20 s.

**Tabla 28. Medición del tiempo de operación del PLC y VFD en los filtros 1, 2,3 con DPS**

Prueba 5	% Sólidos	Presión Alimentación	Velocidad Recirculación	Rampa PLC	Rampa VFD	HP	Corriente A	Rampa real (0-413 kPa)	Tiempo Ciclos	Fecha
M1	64	650 kPa	70 %	35 s	20 s	150	203	1'15"	13'35"	23/4/2022
M2	64	650 kPa	70 %	35 s	20 s	150	203	1'09"	12'50"	23/4/2022
M3	64	650 kPa	70 %	35 s	20 s	150	203	1'13"	13'23"	23/4/2022

#### 4.1.7.5. Resultados de las pruebas con el tablero eléctrico “grounding check”

De las pruebas realizadas con el equipo de bombeo, se observa la prueba 6, donde se reflejan resultados favorables en la cual se bajó el tiempo en la etapa de rampa de presión 414 kPa (secuencia de alimentación) a 1 minuto 7 segundos en promedio (en comparación con la prueba 5, sin el “grounding check”, la cual

demora 4 minutos 2 segundos) y logrando conseguir 290 ciclos en 24 horas.

**Tabla 29. Resultados de las pruebas con el tablero eléctrico “grounding check”**

Motores	Corriente A	Velocidad	Tiempo/ciclos	Presión	Producción / día	Fecha
Prueba 1	203	50 %	1`09``	650 KPa	1822.968 t/d	17/4/2022
Prueba 2	203	50 %	1`11``	651 KPa	1785.396 t/d	20/4/2022
Prueba 3	203	50 %	1`08``	652 KPa	1829.998 t/d	21/4/2022
Prueba 4	203	70 %	1`14``	653 KPa	1763.496t/d	22/4/2022
Prueba 5	203	70 %	1`15``	654 KPa	1756.196 t/d	23/4/2022
Prueba 6	203	70 %	1`07``	655 KPa	1838 t/d	24/4/2022
<b>Resultados óptimos</b>	<b>203</b>		<b>4`02``</b>	<b>656 KPa</b>	<b>1839 t/d</b>	

#### 4.1.8. Resultados estadísticos de pruebas realizadas con protección del “grounding check”

Con la protección de los tableros eléctricos “grounding check” se observa en todas las pruebas de aceleración/desaceleración arranque y parada de los motores de los equipos de bombeo, da un óptimo funcionamiento; en el proceso del filtrado de concentrado de minerales se redujo a cero el control de bombeo. La prueba 6 es el mejor resultado obtenido de todas las pruebas con el “grounding check”, la cual se configuró para un trabajo permanente con este patrón, con relación a la producción, funcionamiento y protección de equipos de bombeo.

**Tabla 30. Mediciones de corriente en motores (con el Grounding check)**

Prueba de campo	Corriente de consumo en Amperios
P1	203 <sup>a</sup>
P2	203 <sup>a</sup>
P3	203 <sup>a</sup>
P4	203 <sup>a</sup>
P5	203 <sup>a</sup>
P6	203A

En la tabla 31 se observa que 203 amperios es la corriente de consumo en todas las pruebas realizadas en los motores de los equipos de bombeo; con la protección de los tableros eléctricos “grounding check”, indica que está dentro de la corriente nominal de trabajo que es de 203 ±10 % indicado en la placa del motor.

#### 4.1.9. Tiempo de respuesta de los tableros eléctricos “*grounding check*”

Una de las variables a tomar en cuenta en todo sistema de protección es el tiempo de respuesta de los tableros eléctricos “*grounding check*” en la protección de los equipos de bombeo en la minera Alparmarca Volcan.

**Tabla 31. Medición del tiempo de respuesta con el “*grounding check*”**

<b>Prueba de campo</b>	<b>Tiempo (s) de respuesta</b>
P1	69
P2	71
P3	68
P4	74
P5	75
P6	67

En la tabla 32 se observa que 67 segundos es el tiempo adecuado para llegar a los 290 ciclos día que se requiere para producir 1838 t/d, se puede notar que en la prueba 6 se evidencia el mejor resultado y en la cual se bajó el tiempo indicado, lo que conlleva a mantener una presión adecuada en la etapa de rampa; por consiguiente, la instalación del dispositivo de protección contra sobretensiones será replicada en toda la planta de los equipos de bombeo.

##### 4.1.9.1. Producción mineral con el tablero eléctrico “*grounding check*”

En la minera de Alparmarca Volcan es muy importante el funcionamiento de todos los equipos y mucho más del equipo de bombeo, por ello se debe incidir en la protección de ellos; a continuación, se muestra la producción de mineral con los tableros *grounding check*.

**Tabla 32. Mediciones en la producción y control con el “grounding check” instalado**

Prueba de campo	Producción (t/d) controlado
P1	1822968
P2	1785396
P3	1829998
P4	1763496
P5	1756196
P6	1838000

En la tabla 33 se observa que 1838 t/d fue la producción óptima con el “grounding check” después de todas las pruebas realizadas en los motores del equipo de bombeo, en arranque y parada, se nota en las medidas programadas de trabajo que continúan su curso sin variación, realizando la coordinación de tiempos productivos sin distorsión alguna que afecten al sistema de control que trabajan en lazo cerrado.

## 4.2. Prueba de hipótesis

### 4.2.1. Hipótesis general

#### a) $H_0$

El tablero eléctrico “grounding check” no influye positivamente en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

#### b) $H_1$

El tablero eléctrico “grounding check” influye positivamente en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

**Tabla 33. Prueba de chi cuadrado de Pearson**

	Protección de equipos de bombeo	
Tableros “grounding check”	Chi cuadrado	65,714
	gl	2
	Sig.	0,05

$$X^2 \text{ calculado} = 10,314$$

$$X^2 \text{ tabulado} = 3,92$$

$$X^2 \text{ calculado} > X^2 \text{ tabulado}$$

Por lo tanto, a un nivel de significancia de 0,05 y con 2 grados de libertad, se acepta la hipótesis alterna, con lo que se puede afirmar que:

El tablero eléctrico “*grounding check*” influye positivamente en la protección del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.

#### 4.2.2. Hipótesis específica

##### 4.2.2.1. Hipótesis específica 1

###### a) *H<sub>0</sub>*

El estado de protección sin el tablero *grounding check* del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 no es deficiente.

###### b) *H<sub>1</sub>*

El estado de protección sin el tablero *grounding check* del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es deficiente.

**Tabla 34. Hipótesis específica 1**

Prueba de campo	Corriente de consumo en Amperios protección tradicional	Prueba de campo	Corriente de consumo en Amperios con los tableros eléctricos “Grounding Check”
P1	195 A	P1	203 A
P2	219 A	P2	203 A
P3	219 A	P3	203 A
P4	238.7 A	P4	203 A
P5	226 A	P5	203 A
P6	248.7 A	P6	203 A
P7	189 A		

De acuerdo a la tabla de consumo de corriente, bajo el método tradicional de protección se observa un consumo inestable de corriente, lo cual hace desconfiable el estado de protección, por otro lado, la corriente de consumo en amperios con los tableros eléctricos *grounding check* es estable y predecible, lo que hace confiable para la protección de los equipos de bombeo, por lo tanto, se afirma que:

El estado de protección sin el tablero *grounding check* del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es deficiente.

#### 4.2.2.2. Hipótesis específica 2

##### a) Ho

El estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 no es alto.

##### b) Hi

El estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

**Tabla 35. Hipótesis específica 2**

Prueba de campo	Tiempo m s de respuesta de la protección convencional	Prueba de campo	Tiempo (m s) de respuesta de la protección con el tablero <i>grounding check</i>
P1	207	P1	69
P2	207	P2	71
P3	172	P3	68
P4	232	P4	74
P5	218	P5	75
P6	22	P6	67
P7	240		

En la tabla comparativa se observa el tiempo de respuesta frente a fallas a tierra con la protección tradicional, los tiempos de respuesta en promedio 0,5 m s; lo que es demasiado para la protección de los equipos de bombeo, mientras que con el tablero de protección *grounding check* se observa que el tiempo de respuestas a fallas de tierra representa un promedio 0,06 m s, por lo tanto, se afirma que:

El estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

### 4.2.2.3. Hipótesis específica 3

#### a) Ho

El nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 no es alto.

#### b) Hi

El nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

**Tabla 36. Hipótesis específica 3**

Prueba de campo	Nivel de voltaje en (mv) en la carcasa en los equipos de bombeo con la protección convencional	Prueba de campo	Nivel de voltaje en (mv) en la carcasa en los equipos de bombeo con el tablero Grounding Check
P1	100	P1	60
P2	150	P2	60
P3	160	P3	60
P4	156	P4	60
P5	167	P5	60
P6	156	P6	60
P7	164		

En la tabla comparativa se observa los valores recabados por el investigador, el nivel de voltaje en (mv) en la carcasa en los equipos de bombeo con la protección convencional asciende a un promedio de 160 mv lo cual es perjudicial y puede generar accidentes severos, por otra parte, el nivel de voltaje en (mv) en la carcasa en los equipos de bombeo con el tablero *grounding check* lectura un promedio de 60 mv, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

El nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

## CONCLUSIONES

- 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.
- Se concluye que el consumo de corriente bajo el método tradicional de protección es inestable de corriente, lo cual hace desconfiable el estado de protección, por otro lado, la corriente de consumo en amperios con los tableros eléctricos *grounding chek* es estable y predecible, lo cual hace confiable para la protección de los equipos en la minera Alpamarca Volcán.
- Se concluye que el tiempo de respuesta frente a fallas a tierra con la protección tradicional los tiempos de respuesta son en promedio 0,5 m s, lo que es demasiado para la protección de los equipos de bombeo, mientras que con el tablero de protección *grounding check* se observa que el tiempo de respuestas a fallas de tierra representa un promedio 0,06 m s; por lo tanto, se puede afirmar que el estado de fallas a tierra del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.
- Se concluye que los valores recabados por el investigador del nivel de voltaje en (mv) en la carcasa en los equipos de bombeo con la protección convencional asciende a un promedio de 160 mv, lo que es perjudicial y puede generar accidentes severos, por otra parte, el nivel de voltaje en (mv) en la carcasa en los equipos de bombeo con el tablero *grounding check* lectura un promedio de 60 mv; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo que, el nivel de voltaje en la carcasa del equipo de bombeo en la minera Alpamarca Volcán, 2022 es alto.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar la instalación de los tableros eléctricos “*grounding check*”, que ofrece positivamente buena protección de los equipos del bombeo en la minera Alpamarca Volcan, 2022.
- Se recomienda que se implementen los tableros eléctricos *grounding check* para el sistema de bombeo, lo que hace confiable para la protección de los equipos, también se puede observar una diferencia con respecto al tiempos de respuesta en promedio 0, 5 m s, protección tradicional; mientras el tablero *grounding check* ofrece una respuesta de 0,06 m s promedio con la tecnología avanzada que ofrece la seguridad de proceso y producción en la minera Alpamarca Volcán.
- Se recomienda implementar una operación de forma local y remota con las capacidades que realiza funciones de protección, medición, control y una supervisión continua mediante la comunicación de PLC (SCAD).de este modo se facilita localizar las fallas que se generan durante el proceso de bombeo para prevenir y actuar anticipadamente para asegurar la protección del equipo y la seguridad de las personas.

## LISTA DE REFERENCIAS

1. **MOLINA; MURGA.** *Sistemas de protección de bombas y canerlas en oleoductos sometidos a escurrimientos transitorios.* Universidad Nacional del Sur. Argentina : s.n., 1997. Tesis de grado.
2. **CÓRDOVA.** *Protección de un muro de contención mediante un sistema de drenaje con geocompuestos en el hospital El Carmen de Huancayo – 2016.* Universidad Peruana los Andes. 2016. Tesis de grado.
3. **MAMANI.** *Operatividad del sistema de bombeo de abastecimiento de agua potable con suministro de energía fotovoltaica en Collana, Taraco, Huancané, Puno, 2020.* Universidad Privada de Trujillo. Trujillo : s.n., 2021. Tesis de grado.
4. **CUYATUPAC.** *Diseño y dimensionamiento de los conductores eléctricos para el proceso de arranque de motores en la cámara de bombas nivel 570 zona Manuelita, área de la mina de la compañía Argentum S. A.* Universidad Continental. 2019. Tesis de grado.
5. **MURILLO.** *Plan de negocio para la creación de una empresa de servicios de mantenimiento a equipos de bombeo: mantenimiento integrado SAS.* Universidad EAN. 2012. Tesis de grado.
6. **RAMÍREZ; SALAZAR.** *Generación de energía eléctrica a partir de energía eólica para el sistema de bombeo del proyecto Greenram en la localidad de Nuevo Montegrande, Pueblo Nuevo, Chepén, La Libertad.* Universidad César Vallejo. Trujillo : s.n., 2021.
7. **CADAVID.** *Diseño de un sistema de control de calentamiento de agua y protección de bombeo en un tanque de almacenamiento.* Tecnológico Pascual Bravo. Medellín : s.n., 2012. Tesis de grado.
8. **AZNARÁN; REYES.** *Aplicación de la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica.* Universidad Nacional del Santa. Chimbote : s.n., 2016. Tesis de grado.
9. **ALVARADO; OBLITAS; VARGAS.** *Implementación de tablero eléctrico 220 VAC monofásico para controlar el funcionamiento de banco de pruebas hidráulicas en laboratorio UCV, Chiclayo.* Universidad César Vallejo. Perú :

- s.n., 2018. Tesis de grado.
10. **BUSTAMANTE; GÓMEZ.** *Propuesta para la mejora del proceso de fabricación de tableros eléctricos para una metalmecánica en la ciudad de Arequipa.* Universidad Católica San Pablo. Arequipa : s.n., 2019. Tesis de grado.
  11. **CARVALLO; NIETO.** *Termografía infrarroja como herramienta para el mantenimiento predictivo de tableros eléctricos en la empresa AEI Engineers S. A. C.* Universidad Privada del Norte. Lima, Perú : s.n., 2020. Tesis de grado.
  12. **TITUAÑA.** *Diseño y construcción de dos tableros eléctricos de control para el funcionamiento automático y manual de cuatro bombas eléctricas, para el abastecimiento de agua en la comunidad Alamor.* Escuela Politécnica Nacional. Quito : s.n., 2015. Tesis de grado.
  13. **MARTÍNEZ.** *Diseño e implementación de tableros eléctricos de control del proceso de abastecimiento de agua para consumo de las instalaciones para una empresa fabricante de equipos de refrigeración - 2020.* Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú : s.n., 2021. Tesis de grado.
  14. **URIBE, G.** *Diseño de tableros eléctricos de distribución de baja tensión, proyecto supermercado hiperbodega Precio Uno, Ferreñafe realizado en la Empresa Promelsa.* Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo, Perú : s.n., 2019. Informe de experiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Electricista .
  15. **OSPINA; HERNÁNDEZ.** *Diseño de procedimientos y protocolos para pruebas FAT en tableros eléctricos de baja tensión, caso de estudio SMART-ING.* 2020.
  16. **FERNÁNDEZ, F.** *Guía general para el cálculo, instalación y mantenimiento de bombas hidroneumáticas.* USAC. Guatemala : s.n., 2012. Tesis de pregrado.
  17. **SIMBAÑA CALLE, Jhony Daniel.** *Diseño de una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22.9 kV, 3 $\phi$ , para el sector Mallaritos, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, departamento de Piura.* 2018. Universidad Señor de Sipán. Piura : s.n., 2018. Tesis de grado.

18. **HERRERA, C.** *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar el circuito de chancado en la compañía minera Chungar, unidad Alpamarca.* Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú : s.n., 2019. Informe de experiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico.
19. **PEDROZO CARRILLO, Junior, et al.** *Pruebas a equipos seccionadores en subestaciones eléctricas - Tableros eléctricos para transformadores en subestación, equipos eléctricos móviles y movibles.* 2022.
20. **Volcán Compañía Minera S. A. A.** *Sistema de gestión SSOMAC-HSEC.*
21. **GCHK-100 mining relay.** *Falla a tierra, sistema de protección.*

## **ANEXOS**









