

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Mejora de parámetros eléctricos con celdas de
media tensión 12.6 kV y 4.16 kV en la
subestación El Carmen-unidad minera
Casapalca**

Cristian Jesus Pascual Astucuri

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ing. Percy Javier Juan de Dios Ortiz
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 7 de Marzo de 2025

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

Título:

MEJORA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS CON CELDAS DE MEDIA TENSIÓN 12.6 KV Y 4.16 KV EN LA SUBESTACION EL CARMEN- UNIDAD MINERA CASAPALCA

Autor:

CRISTIAN JESUS PASCUAL ASTUCURI – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

Atentamente,

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Índice de contenidos.....	vi
Lista de tablas.....	ix
Lista de figuras.....	x
Resumen.....	xii
Introducción	xiii
Capítulo I	15
Aspectos generales	15
1.1. Datos generales	15
1.2. Actividades principales	15
1.3. Organización de órganos de dirección de la empresa Alpayana S. A.	16
1.4. Organigrama de la empresa Alpayana S. A.	17
1.5. Visión y misión de la empresa Alpayana S. A.	19
1.5.1. Visión.....	19
1.5.2. Misión	19
1.6. Política del sistema de Alpayana S. A.	19
1.6.1. Constitución de la empresa Alpayana S. A.	19
1.6.2. Descripción del área donde realizaron sus actividades profesionales.....	19
1.7. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	21
Capítulo II	23
Descripción de actividades	23
2.1. Descripción de las actividades desarrolladas	23
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de la actividad profesional	25
2.3. Objetivos de la actividad profesional	26
2.3.1. Objetivo general.....	26
2.3.2. Objetivos específicos	27
2.4. Justificación de la actividad profesional	27
2.4.1. Técnica.....	27
2.4.2. Teórica	28
2.4.3. Metodológica	28
2.5. Resultados esperados	29
Capítulo III.....	31
Marco teórico	31

3.1. Desarrollo del marco teórico	31
3.2. Bases teóricas de las actividades realizadas	31
3.2.1. Parámetros eléctricos generales	31
3.2.1.1. Parámetros básicos de electricidad.....	31
3.2.2. Parámetros eléctricos en subestaciones mineras.....	32
3.2.2.1. Calidad de la energía en subestaciones eléctricas	32
3.2.2.2. Normativas y regulaciones para subestaciones	34
3.2.2.3. Dimensionamiento de equipos	35
3.2.2.4. Sistemas de protección.....	36
3.2.3. Celdas de media tensión.....	40
3.2.3.1. Componentes principales	41
3.2.3.2. Tipos de celdas en media tensión.....	45
3.2.3.3. Tensiones normalizadas	48
3.2.3.4. Monitoreo y control	49
3.3. Antecedentes de la investigación	50
3.3.1. Antecedentes nacionales	50
3.3.2. Antecedentes internacionales	52
3.4. Definiciones de términos básicos.....	53
3.4.1. Parámetros eléctricos	53
3.4.2. Celdas de media tensión.....	54
3.4.3. Suministro de energía eléctrica.....	55
3.5. Definición y terminología normativa y legal de Alpayana S. A.	56
Capítulo IV	57
Descripción de las actividades profesionales	57
4.1. Descripción de actividades profesionales	57
4.1.1. Actividad 1: Supervisión y montaje de las conexiones eléctricas.....	57
4.1.2. Actividad 2: Inspección de equipamiento y materiales.....	59
4.1.3. Actividad 3: Gestión de pruebas de puesta en marcha y comisionamiento	60
4.1.4. Actividad 4: Cumplimiento de las normas de seguridad y capacitación	61
4.1.5. Enfoque de las actividades profesionales.....	62
4.1.6. Alcance de las actividades profesionales	63
4.1.6.1. Entregables de las actividades profesionales	63
4.1.7. Metodologías	64
4.1.7.1. Método inductivo	64
4.1.7.2. Enfoque de investigación	65
4.1.7.3. Alcance de la investigación.....	66

4.1.8. Técnicas e instrumentación del informe	66
4.1.8.1. Técnicas	66
4.1.8.2. Instrumentos.....	68
4.1.8.3. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	69
Capítulo V.....	70
Resultados.....	70
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.....	70
5.1.1. Supervisión y montaje de las conexiones eléctricas – Actividad 1.....	70
5.1.2. Inspección de equipamiento y materiales – Actividad 2.....	75
5.1.3. Gestión de pruebas de puesta en marcha y comisionamiento – Actividad 3	81
5.1.3.1. Pruebas eléctricas en interruptores	81
5.1.3.2. Pruebas en relés de protección	84
5.1.3.3. Coordinación de protecciones	90
5.1.4. Cumplimiento de las normas de seguridad y capacitación – Actividad 4.....	94
5.1.4.1. Requerimientos mínimos exigibles	94
5.1.4.2. PET	95
5.2. Dificultades encontradas	96
5.3. Planteamiento de mejoras	97
5.4. Aporte de metodologías (propuestas).....	98
5.5. Aportes del bachiller en la empresa	99
Conclusiones	100
Recomendaciones	101
Referencias	102
Anexos	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumen de la estructura organizacional de la empresa Alpayana S. A.	16
Tabla 2. Diferencias entre sistemas eléctricos en yacimientos a tajo cerrado y abierto.....	34
Tabla 3. Normativas y regulaciones para subestaciones Perú.....	34
Tabla 4. Factores de dimensionamiento de equipos para sistemas eléctricos.....	35
Tabla 5. Tensiones normalizadas para celdas MT	49
Tabla 6. Componentes del control de celdas en MT	49
Tabla 7. Funciones de los componentes de control	50
Tabla 8. Normativa general legal en Alpayana S. A.....	56
Tabla 9. Parámetros eléctricos de redes de conexión.....	73
Tabla 10. Parámetros eléctricos de transformadores	74
Tabla 11. Parámetros eléctricos de celdas	74
Tabla 12. Parámetros eléctricos de líneas derivadas.....	74
Tabla 13. Parámetros eléctricos de medidores de potencia reactiva	74
Tabla 14. Estado la subestación El Carmen y recomendación preliminar	78
Tabla 15. Resultados de pruebas de aislamiento.....	81
Tabla 16. Resultado de pruebas de resistencia de contactos.....	82
Tabla 17. Conexionado de pruebas con CMC356	85
Tabla 18. Prueba de operatividad del relé de protección A01	85
Tabla 19. Prueba de operatividad del relé de protección A02	85
Tabla 20. Prueba de operatividad del relé de protección A03	85
Tabla 21. Prueba de operatividad del relé de protección A05	86
Tabla 22. Prueba de operatividad del relé de protección A06	86
Tabla 23. Prueba de operatividad del relé de protección A07	86
Tabla 24. Prueba de operatividad del relé de protección A08	86
Tabla 25. Prueba de operatividad del relé de protección B01.....	86
Tabla 26. Prueba de operatividad del relé de protección B02.....	86
Tabla 27. Prueba de operatividad del relé de protección B03.....	87
Tabla 28. Prueba de operatividad del relé de protección B04.....	87
Tabla 29. Resumen de valores y tiempos de respuesta para cada celda.....	87
Tabla 30. Resultados del estudio de coordinación de protecciones para celdas	93
Tabla 31. Requerimientos mínimos exigibles al personal	95
Tabla 32. Resumen de PET para actividades de instalación.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama general de la empresa Alpayana S. A.	18
Figura 2. Ejemplo de minería a tajo cerrado.....	33
Figura 3. Ejemplo de minería a tajo cerrado.....	33
Figura 4. Detector de gas ACIS Process.....	36
Figura 5. DPS A9L 20600 Schneider Electrics.....	37
Figura 6. Interruptor de potencia VGX 900.....	38
Figura 7. Tablero de distribución en línea comercial UCV	39
Figura 8. Fusibles y disyuntores para aplicaciones comerciales.....	39
Figura 9. Conductores blindados para instalaciones mineras	40
Figura 10. Celda KLAV 24 kV	41
Figura 11. Interruptor Switchgear para redes subterráneas.....	42
Figura 12. Seccionadores de media tensión en celdas	43
Figura 13. Celda con protección tipo fusibles.....	43
Figura 14. Tipificación de celdas acorde al nivel de tensión para relés.....	44
Figura 15. Celda AIS	45
Figura 16. Celda GIS	46
Figura 17. Celdas híbridas	46
Figura 18. Celdas aisladas en vacío	47
Figura 19. Celdas dúplex	48
Figura 20. Celdas tríplex.....	48
Figura 21. Vista 1 - Ubicación del proyecto	70
Figura 22. Vista 2 - Ubicación del proyecto	71
Figura 23. Diagrama unifilar de las celdas de la subestación El Carmen	72
Figura 24. Vista de la subestación en 50 kV	75
Figura 25. Vista del pórtico de la subestación Planta	75
Figura 26. Vista de los seccionadores e interruptores de la subestación de 50 kV, planta SET-1.....	76
Figura 27. Vista de los seccionadores de línea de SET-01	76
Figura 28. Vista V1 del deshumecedor del transformador de 7.5 MVA.....	76
Figura 29. Vista V2 del deshumecedor del transformador de 7.5 MVA.....	77
Figura 30. Vista 1 de las celdas Unisec y Unigear marca ABB de MT de 12.6 kV-4.16 kV y 2.3 kV en SET-2.....	77
Figura 31. Vista 2 de las celdas Unisec y Unigear marca ABB de MT de 12.6 kV-4.16 kV y 2.3 kV en SET-2.....	78

Figura 32. Vista frontal de las celdas de MT de 12.6 y 4.16 kV	80
Figura 33. Prueba de resistencia de aislamiento	82
Figura 34. Prueba de resistencia de contactos.....	83
Figura 35. Revisión del circuito de control del interruptor	83
Figura 36. Descarga de energía remanente	84
Figura 37. Curvas de operación del relé de protección.....	88
Figura 38. Pruebas de disparo del relé de protección con maletín de pruebas.....	89
Figura 39. Interfaz de relé de protección	90
Figura 40. Operatividad del relé de protección.....	90
Figura 41. Unifilar principal de las subestaciones Antuquito y Casapalca.....	92
Figura 42. Unifilar principal de las subestaciones Casapalca y Planta Concentradora 48 kV.....	92

RESUMEN

Los proyectos eléctricos son de vital importancia, porque garantizan el correcto funcionamiento de infraestructuras y servicios esenciales, como la iluminación, la calefacción y el suministro de energía en hogares, negocios e industrias y la calidad de estos debe estar a la vanguardia de la tecnología disponible. Por lo que se plantea el proyecto «Mejora continua de energía eléctrica con celdas de media tensión 12.6 kV y 4.16 kV en la subestación El Carmen - unidad minera Casapalca - 2025, desarrollado por Alpayana S. A.», que busca optimizar la infraestructura eléctrica de la unidad minera, garantizando un suministro eficiente y confiable de energía en su zona de concesión. Alpayana, una empresa minera peruana con un fuerte compromiso hacia la sostenibilidad se enfoca en la implementación de celdas de media tensión que no solo mejorarán la calidad del servicio eléctrico, sino que también reducirán las pérdidas energéticas y aumentarán la capacidad de distribución. Este avance es fundamental para el desarrollo sostenible de la minería, ya que se alinea con las tendencias actuales que exigen una mayor eficiencia energética y un menor impacto ambiental. Además, Alpayana ha establecido alianzas estratégicas con instituciones como el Centro Nacional de Pilotaje de Chile y Norcat de Canadá, lo que resalta su enfoque en la innovación y colaboración dentro del sector minero. Así, el proyecto no solo contribuye a la modernización de su infraestructura eléctrica, sino que también posiciona a Alpayana como un agente clave en la transformación positiva del entorno minero, beneficiando tanto a sus operaciones como a las comunidades locales.

Los proyectos de mejora continua de energía eléctrica con celdas de media tensión son cruciales para optimizar la eficiencia energética y garantizar un suministro eléctrico confiable en diversas industrias. La implementación de estas celdas permite reducir costos operativos al minimizar pérdidas energéticas y mejorar la calidad del servicio, lo que se traduce en un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental. Por ende, es vital realizar un análisis detallado del cómo se ejecutan las actividades que comprenden los proyectos de mejora en celdas en media tensión.

Palabras claves: Celdas de media tensión, subestación