

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Análisis y descarte de fallas en el transformador de  
potencia de 7 MVA 66KV/10KV de la SE-Huanta  
Ayacucho 2022**

Abel Ángel Zárate Lazo

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2023

## ÍNDICE

<b>Agradecimiento</b> .....	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>viii</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>ix</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>x</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>13</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>13</b>
1.1. Datos generales.....	13
1.2. Actividades principales.....	13
1.3. Reseña histórica de la empresa .....	14
1.4. Organigrama de la empresa Electrocentro S. A. ....	15
1.5. Visión y misión.....	16
1.5.1. Visión.....	16
1.5.2. Misión.....	16
1.5.3. Valores .....	17
1.5.4. Principios para la acción .....	17
1.6. Bases legales.....	17
1.6.1. Constitución de la concesionaria Electrocentro .....	17
1.7. Descripción del área donde realizaron sus actividades profesionales .....	17
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa .....	18
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>20</b>
<b>ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES</b> .....	<b>20</b>
2.1. Diagnóstico situacional del proyecto.....	20
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional .....	22
2.3. Objetivos de la actividad profesional.....	22
2.3.1. Objetivo general .....	22
2.3.2. Objetivos específicos .....	22
2.4. Justificación de la actividad profesional.....	23
2.4.1. Teórica .....	23
2.4.2. Económica .....	23
2.5. Resultados esperados .....	23
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>25</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>25</b>

3.1. Actividades realizadas en el proyecto .....	25
3.2. Bases teóricas de las actividades realizadas .....	25
3.2.1. Parámetros eléctricos .....	25
3.2.1.1. Parámetros básicos de electricidad .....	25
3.2.2. Definiciones .....	26
3.2.2.1. Transformador de potencia .....	26
3.2.2.2. Dispositivos de protección .....	26
3.2.2.3. Prueba de factor de potencia .....	27
3.2.2.4. Prueba de corriente de excitación .....	27
3.2.2.5. Prueba de relación de transformación .....	27
3.2.2.6. Prueba de resistencia de devanados .....	27
3.2.2.7. Prueba de tangente delta .....	27
3.2.2.8. Grupo vectorial .....	27
3.2.3. Sistema garantizado de distribución .....	28
3.2.3.1. Subestación de potencia .....	28
3.2.3.2. Interruptores de potencia .....	29
3.2.3.3. Relé Buchholz .....	30
3.3. Sustento académico para el análisis y descarte de fallas .....	31
3.3.1. Antecedentes nacionales .....	31
3.3.2. Antecedentes internacionales .....	31
3.4. Calidad de energía en las subestaciones de potencia .....	32
3.4.1. Base legal .....	32
3.4.1.1. Servicio de la energía eléctrica .....	32
3.4.1.2. Continuidad del servicio eléctrico bajo estándares de calidad .....	33
3.4.1.3. Indicadores de performance de los sistemas de transmisión .....	33
3.4.1.4. Tasa de fallas de componentes de una subestación .....	33
3.4.2. Indicadores de deficiencias en subestaciones eléctricas .....	35
3.4.2.1. Deficiencias típicas .....	35
3.4.2.2. Aspectos por fiscalizar .....	35
3.4.2.3. Indicadores de deficiencias .....	36
3.4.2.4. Tolerancia .....	36
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>37</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....</b>	<b>37</b>
4.1. Descripción de actividades profesionales .....	37
4.1.1. Actividad 1: determinación del sistema eléctrico a analizar .....	37
4.1.2. Actividad 2: validación de los reportes de fallas en los informes de Electrocentro. .....	38

4.1.3. Actividad 3: descripción de los dispositivos de protección de actuación del primer reporte de falla .....	38
4.1.4. Actividad 4: descripción de los dispositivos de protección de actuación del segundo reporte de falla .....	39
4.1.5. Actividad 5: descripción de la configuración de prefalla en relación a la actuación del dispositivo de protección de la primera interrupción .....	39
4.1.6. Actividad 6: descripción de la configuración de prefalla en relación a la actuación del dispositivo de protección de la segunda interrupción .....	39
4.1.7. Actividad 7: descripción de la configuración de posfalla en relación con la actuación del dispositivo de protección de la primera interrupción .....	40
4.1.8. Actividad 8: descripción de la configuración de posfalla en relación a la actuación del dispositivo de protección de la segunda interrupción .....	41
4.1.9. Actividad 9: análisis del intento de reposición de los dispositivos de protección ABB – RET670 (primera falla) .....	41
4.1.10. Actividad 10: detalle de la potencia no suministrada y clientes afectados debido a la actuación de la protección ABB RET – 670 .....	42
4.1.10.1. Solución a los problemas detectados .....	44
4.1.10.2. Implementación de la solución a la configuración de las protecciones .....	44
4.1.10.3. Análisis situacional de la subestación Huanta - Ayacucho .....	47
4.1.11. Actividad 11: detalle de la potencia no suministrada y clientes afectados debido la actuación del relé de temperatura .....	47
4.1.11.1. Detalles de los parámetros de temperatura prefalla .....	48
4.1.11.2. Solución a los problemas detectados .....	51
4.1.11.3. Implementación de la solución para el reemplazo del transformador .52	
4.2. Enfoque de las actividades profesionales .....	53
4.2.1. Alcance de las actividades profesionales .....	53
4.2.2. Entregables de las actividades profesionales .....	54
4.3. Aspectos técnicos de la actividad profesional .....	54
4.3.1. Metodologías .....	54
4.3.1.1. Método inductivo .....	54
4.3.1.2. Método de investigación .....	54
4.3.1.3. Alcance de la investigación .....	54
4.3.2. Técnicas .....	55
4.3.1.1. Técnica de la observación .....	55
4.3.1.2. Técnica de la planificación .....	55
4.3.1.3. Instrumentos .....	55

4.3.3. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades .....	55
4.4. Ejecución de las actividades profesionales....	56
4.4.1. Cronograma de actividades realizadas .....	56
4.4.1.1. Reporte de fallas ante el coordinador .....	56
4.4.1.2. Trabajo en el centro de operación de Electrocentro .....	56
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>58</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas .....	58
5.1.1. Prueba del factor de potencia .....	59
5.1.2. Prueba de la corriente de excitación .....	60
5.1.3. Prueba de la relación de transformación .....	61
5.1.4. Prueba de la resistencia del devanado .....	62
5.2. Logros alcanzados .....	63
5.2.1. En el análisis de la relación de factor de potencia .....	63
5.2.2. En el análisis de la relación de transformación .....	63
5.2.3. En el análisis de la resistencia del devanado .....	65
5.2.4. En el ámbito profesional .....	65
5.2.5. En el ámbito personal .....	66
5.3. Dificultades encontradas .....	66
5.4. Planteamiento de mejoras .....	66
5.4.1. Aportes del bachiller en la empresa .....	67
5.4.1.1. En el aspecto cognoscitivo .....	67
5.4.1.2. En el aspecto actitudinal .....	67
<b>Conclusiones .....</b>	<b>68</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>69</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadística de deficiencia y el ámbito de cálculo de riesgo por tipo de estructura eléctrica .....	36
Tabla 2. Maniobras de restitución para la reposición del servicio de la primera interrupción	40
Tabla 3. Maniobras de restitución para la reposición del servicio de la segunda interrupción	41
Tabla 4. Potencia no suministrada por la subestación Huanta .....	43
Tabla 5. Cantidad de clientes afectados por la desconexión de la subestación Huanta .....	43
Tabla 6. Potencia no suministrada por la subestación Huanta .....	47
Tabla 7. Cantidad de clientes afectados por la desconexión de la subestación Huanta .....	47
Tabla 8. Consideraciones del reporte de fallas ante el coordinador de operación del sistema interconectado (COES).....	56
Tabla 9. Datos generales del transformador.....	58
Tabla 10. Prueba del factor de potencia al transformador 7 MVA en la subestación Huanta .	59
Tabla 11. Prueba de la corriente de excitación al transformador 7 MVA subestación Huanta	60
Tabla 12. Prueba de la relación de transformación al transformador 7 MVA subestación Huanta .....	61
Tabla 13. Prueba de la resistencia del devanado del transformador de 7 MVA subestación Huanta .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de concesión de Electrocentro S. A.....	15
Figura 2. Organigrama Electrocentro S. A. ....	16
Figura 3. Registro oscilográfico previo a la interrupción de la subestación Huanta.....	21
Figura 4. Registro de evolución de temperatura TF 4-TP-201 .....	21
Figura 5. Protección diferencial 87T de un transformador de potencia en celda.....	26
Figura 6. Grupo vectorial o grupo de conexionado de un transformador trifásico .....	28
Figura 7. Evolución de los sistemas de transmisión a partir de la ley de concesiones eléctricas .....	28
Figura 8. Patio de llaves de una subestación clásica.....	29
Figura 9. Esquema general de las partes de una subestación de potencia.....	29
Figura 10. Interruptor de potencia de una subestación eléctrica.....	30
Figura 11. Relé de Buchholz montado en un transformador de potencia .....	31
Figura 12. Diseño topológico de la subestación Huanta - Ayacucho .....	38
Figura 13. Análisis del registro oscilográfico de la falla .....	42
Figura 14. Análisis del arranque y disparo de las protecciones .....	42
Figura 15. Diagrama de Ishikawa para problemas.....	44
Figura 16. Ajustes del relé diferencial del transformador – ABB RET 670.....	45
Figura 17. Comparación gráfica del ajuste de protecciones – ABB RET 670.....	45
Figura 18. Diagrama de relés de protecciones del transformador de la subestación Huanta 10- 12.5 MVA.....	46
Figura 19. Lecturas de monitoreo de temperatura 4-TP-228 subestación Huanta 10-12.5 MVA .....	46
Figura 20. Temperatura de aceite.....	48
Figura 21. Temperatura de los arrollamientos .....	49
Figura 22. Transformador de tensión colapsado de la subestación Huanta .....	50
Figura 23. Fusibles dañados y cañas caídas de la subestación Huanta .....	51
Figura 24. Transformador de potencia 10-12.5 MVA Delcrosa, subestación Huanta .....	52
Figura 25. Configuración horaria del relé de protecciones debido al desfase horario .....	53
Figura 26. Trabajo de monitoreo a tiempo real en el centro de control y operaciones .....	57
Figura 27. Comparativa del factor de potencia de las 6 iteraciones.....	63
Figura 28. Comparativa de la relación de transformación en la fase A .....	64
Figura 29. Comparativa de la relación de transformación en la fase B .....	64
Figura 30. Comparativa de la relación de transformación en la fase C .....	65
Figura 31. Trabajo de monitoreo a tiempo real en el Centro de Control y Operaciones .....	65

## **RESUMEN**

El sistema interconectado nacional peruano es considerado una red robusta que componen los sectores de generación, transmisión y distribución, cada elemento cumple una función dinámica en el sistema interconectado, de modo que, el correcto funcionamiento de este asegura la alimentación eléctrica de millones de peruanos y el acceso a la energía eléctrica.

En la actualidad, es necesario conocer dichos componentes que están inmersos en esta red troncal de alimentación y, asimismo, conocer las implicaciones que conlleva un estado de contingencia eléctrica e imprevistos y fallas, más concretamente en subestaciones, que son parte fundamental de la transmisión de la energía eléctrica. En virtud de lo anterior, es importante establecer una estadística necesaria y vital que pueda predecir o modelar sucesos o hechos que converjan en una salida de servicio de un transformador de potencia y que limite el acceso a la energía eléctrica, es por lo que, el estudio presente se centra en el análisis y descarte de fallas explícitamente en el transformador de potencia de la subestación de Huanta con los datos actualizados de la empresa Electrocentro S. A.