



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
ELÉCTRICOS EN EL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA
EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Seguridad, calidad y ambiente

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Christian Daniel Shiguango Nata

TUTOR: Ing. Jeanette Del Pilar Ureña Aguirre, Mg.

Ambato - Ecuador

febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN EL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Christian Daniel Shiguango Nata, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, febrero 2024.

Ing. Jeanette Del Pilar Ureña Aguirre, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN EL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A, es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2024.



Christian Daniel Shiguango Nata

C.C. 1804996351

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2024.



Christian Daniel Shiguango Nata

C.C. 1804996351

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Christian Daniel Shiguango Nata, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN EL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Fernando Urrutia Urrutia, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Bolívar Efraín Morales Oñate, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, mi padre celestial, por llenarme de sabiduría, inteligencia, compañía, y fortaleza ante la adversidad, con mi más sincero amor.

A mis padres: Daniel Shiguango y Zonnia Nata, los cuales son un ejemplo de superación, amor y constancia, a sus consejos y lecciones de vida que han servido como inspiración para nunca rendirme hasta alcanzar mis objetivos.

A mi hermana Angelina Shiguango, la cual forma parte de mi vida desde la niñez brindándome su apoyo incondicional, su amistad, alegría, paz y tranquilidad en los buenos y malos momentos y ser una motivación de la familia día a día.

A mis tíos y tías, por ser grandes amigos, confidentes y gracias a sus consejos de superación poder salir adelante día tras día.

A mi abuelos, Jacinta, Juan, Agustina y Francisco†, que Dios lo tenga en su gloria, a ellos por todas sus enseñanzas y por sus mensajes de aliento y superación personal para afrontar los retos de la vida

Christian Daniel Shiguango Nata

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de compartir mi vida junto a una hermosa familia, por enseñarme el verdadero significado de la palabra amor.

A toda mi familia, por su compañía, por enseñarme que a pesar de cualquier adversidad siempre contaré con su apoyo de manera incondicional.

A mis padres Daniel y Zonnia, quienes son mi ejemplo para seguir, por enseñarme que los sueños siempre se cumplen, que llevan esfuerzo y dedicación, pero con trabajo duro y responsabilidad todo se puede conseguir.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la querida Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, que, por medio de sus docentes, sus maestros ingenieros, en especial a mi tutora, la ingeniera Jeanette Del Pilar Ureña Aguirre, por guiarme en este proceso de investigación, a ellos quienes mediante sus experiencias han brindado enseñanzas para ir formando profesionales de Ingeniería Industrial y personas de buenos valores.

A la Empresa Eléctrica Ambato EEASA, por brindarme la apertura en sus instalaciones y a todos sus directivos y colaboradores por su gentil colaboración en esta etapa del desarrollo del proyecto de investigación.

A mis amigos universitarios, eternos jóvenes, los cuales son esa familia que un estudiante universitario escoge, por su amistad, y apoyo durante la carrera universitaria.

Christian Daniel Shiguango Nata

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Antecedentes investigativos.....	4
1.3 Fundamentación teórica	7

1.3.1 Conceptos previos de seguridad industrial	7
1.3.2 Conceptos básicos de electricidad.....	10
1.3.3 Clasificación de los sistemas eléctricos en relación con la tensión	16
1.3.4 Efectos de la corriente eléctrica	20
1.3.5 Factores que influyen en el efecto de la corriente eléctrica.....	26
1.3.6 Factores de riesgo eléctrico	34
1.3.7 Técnicas de seguridad	38
1.3.8 Fundamento legal.....	45
1.3.9 Generación de la energía eléctrica	50
1.3.10 Metodología para identificación de peligros y evaluación de riesgos	60
1.3.11 Método IPERC.....	65
1.4 Objetivos.....	69
1.4.1 Objetivo general.....	69
1.4.2 Objetivos específicos.....	69
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	70
2.1 Materiales	70
2.2 Métodos	71

2.2.1 Modalidad de la investigación	71
2.2.2 Población y muestra	74
2.2.3 Recolección de información	75
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos	79
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
3.1 Información general de la empresa	81
3.1.1 Datos particulares de la empresa.....	84
3.2 Diagnóstico de la situación actual.....	85
3.2.1 Identificación de actividades de trabajo	85
3.2.2 Diagnóstico de las condiciones laborales actuales.....	97
3.3 Aplicación de la metodología de evaluación del riesgo eléctrico.....	127
3.3.1 Identificación de peligros	127
3.3.2 Evaluación del riesgo	141
3.4 Propuesta del programa de prevención	146

3.4.1	Introducción.....	147
3.4.2	Identificación, actividad y características del departamento de distribución ..	148
3.4.3	Alcance y propósito.....	148
3.4.4	Campo de aplicación	149
3.4.5	Política de la prevención	149
3.4.6	Objetivos del programa	150
3.4.7	Estructura organizativa.....	150
3.4.8	Funciones y responsabilidades.....	150
3.4.9	Herramientas principales	154
3.4.10	Procesos, procedimientos	159
	CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	226
4.1	Conclusiones	226
4.2	Recomendaciones.....	228
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	230
	ANEXOS	236

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de tensión en el Ecuador	18
Tabla 2. Efectos fisiológicos directos de la electricidad.....	21
Tabla 3. Efectos de corriente eléctrica en el cuerpo humano.....	27
Tabla 4. Niveles de corriente y su incidencia en el cuerpo humano.....	29
Tabla 5. Factor de corriente de corazón en función de trayectoria de la corriente.....	31
Tabla 6. Valor de la resistencia del cuerpo humano en función de los puntos de la trayectoria de la corriente	32
Tabla 7. Valores de resistencia del cuerpo humano según norma CEI 479	32
Tabla 8. Clasificación del accidente por contacto con electricidad.....	35
Tabla 9. Causas que generan el accidente eléctrico.....	35
Tabla 10. Precusores de error y herramientas de desempeño humano	38
Tabla 11. Las 5 reglas de oro para trabajar en instalaciones eléctricas	41
Tabla 12. Fronteras de aproximación a conductores eléctricos para sistemas de corriente alterna	44
Tabla 13. Fronteras de aproximación a conductores eléctricos para sistemas de corriente directa	44
Tabla 14. Descripción general de las partes de un transformador de distribución trifásico.....	59
Tabla 15. Descripción general de las partes de un transformador de distribución monofásico.....	60
Tabla 16. Nivel de probabilidad.....	65
Tabla 17. Nivel de consecuencias.....	65

Tabla 18. Nivel de exposición	66
Tabla 19. Nivel de riesgo	66
Tabla 20. Matriz de valoración del riesgo.....	67
Tabla 21. Criterio para cálculo del nivel de riesgo	68
Tabla 22. Materiales.....	70
Tabla 23. Personal del área del laboratorio de transformadores de la EEASA	74
Tabla 24. Ficha de identificación de personal	75
Tabla 25. Descripción de la recolección de información.....	76
Tabla 26. Fases de recolección de la información.....	78
Tabla 27. Datos generales de la empresa	82
Tabla 28. Características particulares de la Institución	84
Tabla 29. Riesgos eléctricos presentes en las pruebas eléctricas al transformador	97
Tabla 30. Checklist de la situación actual del laboratorio de transformadores.....	99
Tabla 31. Identificación de fuente de peligro en la prueba de relación-transformación	128
Tabla 32. Identificación de fuente de peligro en la prueba de resistencia de bobinados	129
Tabla 33. Identificación de fuente de peligro en la prueba de resistencia de aislamiento.....	130
Tabla 34. Identificación de fuente de peligro en la prueba de cortocircuito.....	131
Tabla 35. Identificación de fuente de peligro en la prueba de vacío	132
Tabla 36. Mapeo de procesos en las pruebas eléctricas de transformadores	134

Tabla 37. Peligros eléctricos en actividad de montaje de transformador.....	139
Tabla 38. Identificación de peligros por tarea en las pruebas eléctricas de transformadores.....	140
Tabla 39. Resumen de la matriz de riesgos.....	142
Tabla 40. Capacitación mínima de los trabajadores	156
Tabla 41. Resumen de las capacitaciones	157
Tabla 42. Actividades sugeridas para la capacitación del personal del laboratorio .	157
Tabla 43. Lista de procedimientos para trabajo seguro	160
Tabla 44. Cinco reglas de oro del técnico electricista	173
Tabla 45. Valores máximos de pérdida de corriente transformadores monofásicos	188
Tabla 46. Valores máximos de pérdida de corriente transformadores trifásicos	189
Tabla 47. Ficha de características de pértiga telescópica de extensión	193
Tabla 48. Ficha de características del detector de voltaje.....	194
Tabla 49. Ficha de características del alicate aislado	194
Tabla 50. Ficha de características de pinza aislada	195
Tabla 51. Checklist del equipo de trabajo del laboratorio de pruebas.....	196
Tabla 52. Equipos de protección individual frente al choque eléctrico.....	201
Tabla 53. Ficha de características de guantes dieléctricos – clase 00.....	203
Tabla 54. Ficha de características de guantes dieléctricos media clase 2	203
Tabla 55. Ficha de características de guantes de cuero dieléctrico	204
Tabla 56. Ficha de características de línea de vida dieléctrica Tipo Y.....	205

Tabla 57. Ficha de características de casco de seguridad clase E	206
Tabla 58. Ficha de características de casco con protección facial.....	206
Tabla 59. Ficha de características de cinturón de posicionamiento con faja para liniero.....	207
Tabla 60. Ficha de características de calzado de seguridad dieléctrico	208
Tabla 61. Ficha de características de terno de seguridad tipo jean.....	209
Tabla 62. Vestuario de protección	209
Tabla 63. Recomendaciones para el uso del EPP	210

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Código de colores de los conductores eléctricos	11
Figura 2. Ejemplo de contacto directo	12
Figura 3. Ejemplo de contacto eléctrico indirecto	12
Figura 4. Variación de la impedancia de un cuerpo humano en función de la tensión y la humedad de la piel.....	13
Figura 5. Distintas fases de una corriente trifásica	13
Figura 6. Modo de conexión estrella en teoría y práctica	14
Figura 7. Modo de conexión triángulo en teoría y práctica	14
Figura 8. Sistema trifásico conectado en configuración de estrella.....	15
Figura 9. Representación esquemática relación-transformación.....	15
Figura 10. Voltaje en líneas de distribución de baja tensión.....	19
Figura 11. Disposición de las conexiones eléctricas en los postes de distribución	20
Figura 12. Principales efectos directos e indirectos de la corriente eléctrica.....	21
Figura 13. Sistema eléctrico del corazón	22
Figura 14. Zonas de alteraciones de la piel humana	23
Figura 15. Fases del ciclo cardíaco.....	24
Figura 16. Electrocardiograma frente a tensión arterial.....	24
Figura 17. Gráfica de la corriente alterna - efecto en el organismo	25
Figura 18. Valor de la impedancia total del cuerpo en función de la tensión y frecuencia.....	27

Figura 19. Efecto en el organismo de la corriente eléctrica	30
Figura 20. Factor de corriente de corazón "F" para diferentes trayectos de corriente	31
Figura 21. Gráfica de la impedancia total en función de la tensión y la frecuencia ...	33
Figura 22. Impedancia total del cuerpo humano versus tensión de contacto	33
Figura 23. Gráfica de la impedancia del cuerpo en función de la superficie de contacto.....	34
Figura 24. Fronteras de aproximación	41
Figura 25. Límites de proximidad establecida para personas calificadas	43
Figura 26. Aplicación de la jerarquía normativa de Kelsen en la Legislación Ecuatoriana	46
Figura 27. Boceto de una central hidroeléctrica.....	51
Figura 28. Diagrama unifilar de un sistema eléctrico	51
Figura 29. Transformador de distribución monofásico.....	53
Figura 30. Transformador trifásico de potencia	53
Figura 31. Diagrama de conexión a red para un transformador monofásico	54
Figura 32. Diagrama de conexión a red para un transformador trifásico	55
Figura 33. Diagrama eléctrico de un transformador trifásico	55
Figura 34. Circuito monofásico con el devanado secundario en circuito abierto	56
Figura 35. Partes de un transformador trifásico	59
Figura 36. Partes de un transformador monofásico	60
Figura 37. Medidas de control de seguridad eléctrica efectiv	64
Figura 38. Proceso de evaluación de riesgos.....	73

Figura 39. Organigrama institucional EEASA.....	84
Figura 40. Entrada al Complejo Eléctrico Catiglata.....	86
Figura 41. Instalaciones del laboratorio de transformadores	86
Figura 42. Método para la medición de las pérdidas de cortocircuito.....	90
Figura 43. Método de la caída de tensión para la medición de resistencia de devanados	92
Figura 44. Método del puente de Wheatstone para la medición de resistencia de devanados	92
Figura 45. Método del puente para la medición de la relación de transformación.....	94
Figura 46. Método para la medición de las pérdidas de vacío	95
Figura 47. Conexiones del megómetro para la medición de la resistencia de aislamiento de un transformador.....	96
Figura 48. Resumen general de criterios de condiciones de lugar de trabajo	107
Figura 49. Resumen general de criterios de condiciones de instalación eléctrica....	110
Figura 50. Relación de porcentajes a la pregunta 1	118
Figura 51. Relación de porcentajes a la pregunta 2	118
Figura 52. Relación de porcentajes a la pregunta 3	119
Figura 53. Relación de porcentajes a la pregunta 4	120
Figura 54. Relación de porcentajes a la pregunta 5	120
Figura 55. Relación de porcentajes a la pregunta 6.....	121
Figura 56. Relación de porcentajes a la pregunta a	122
Figura 57. Relación de porcentajes a la pregunta b.....	123

Figura 58. Relación de porcentajes a la pregunta c	124
Figura 59. Relación de porcentajes a la pregunta d	125
Figura 60. Relación de porcentajes a la pregunta e	125
Figura 61. Primera regla de oro	164
Figura 62. Segunda regla de oro	164
Figura 63. Tercera regla de oro	165
Figura 64. Cuarta regla de oro	165
Figura 65. Quinta regla de oro	166
Figura 66. Conexión TTR con transformador monofásico tipo csp relación H1H2- X1X3	178
Figura 67. Conexión óhmetro con transformador monofásico tipo csp relación H1-H2	180
Figura 68. Modo de prueba de tensión en vacío de transformador	182
Figura 69. Modo de conexión para prueba de cortocircuito de transformador	184
Figura 70. Conexión megger a transformador tipo pad	187
Figura 71. Conexión megger a transformador tipo CSP	188
Figura 72. Conexión megger a transformador tipo convencional AT vs BT, AT vs T, BT vs T	188
Figura 73. Ejemplo de etiqueta de advertencia de riesgo por choque eléctrico	190
Figura 74. Altura de la instalación del extintor igual o menor a 18 kg.....	191
Figura 75. Dimensiones recomendables de la señalización para extintores	192
Figura 76. EPP's para los técnicos del área de pruebas eléctricas	196

Figura 77. Actuación en caso de accidentes.....	213
Figura 78. Procedimiento de liberación de una persona atrapada por corriente	214
Figura 79. Método de respiración artificial.....	216
Figura 80. Método de masaje cardíaco externo.....	217
Figura 81. Equipos y seccionadores bloqueados	223
Figura 82. Etiqueta de bloqueo instalada	224
Figura 83. Seccionadores bloqueados en maniobras temporales	224
Figura 84. Tarjeta de bloqueo y etiquetado.....	225

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Entrevista.....	236
Anexo B. Lista de verificación.....	238
Anexo C. Encuesta aplicada al personal Técnico Operativo del Departamento de Operación.....	245
Anexo D. Encuesta aplicada al personal de Mandos Medios del departamento de Operación.....	247
Anexo E. Registro de uso y estado del EPP.....	249
Anexo F. Permiso de trabajo eléctrico.....	250
Anexo G. Factores de riesgo eléctrico más comunes según RETIE 2013.....	251
Anexo H. Formato matriz de riesgo IPERC.....	253
Anexo I. Matriz de riesgos eléctricos del personal del área del laboratorio de transformadores EEASA.....	254
Anexo J. Registro de pruebas eléctricas de transformadores.....	258
Anexo K. Visitas al área del laboratorio de transformadores.....	260
Anexo L. Instrumentos de medida utilizados en las pruebas eléctricas.....	263

RESUMEN EJECUTIVO

Los riesgos eléctricos son los principales causantes de efectos negativos en la salud de los trabajadores que están dentro del campo ocupacional del sector eléctrico. El presente proyecto de investigación se desarrolla en el laboratorio de transformadores perteneciente a la Empresa Eléctrica Regional Centro Norte S.A., ubicada en la provincia de Tungurahua. Se determina como principal problemática la no existencia de una cultura de lo que representa la seguridad eléctrica y sus consecuencias fisiológicas que se deriva de un accidente de naturaleza eléctrica.

La metodología por utilizarse es bibliográfica, de campo al realizar visitas a las instalaciones del laboratorio. Para iniciar con la evaluación de los riesgos eléctricos, es necesaria la utilización de una lista de chequeo “checklist” enfocada en el análisis de riesgos, el cual se basa en las normativas NFPA – 70E, en el cuestionario de verificación para la identificación de posibles factores de riesgo que propone el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, con el propósito de diagnosticar las condiciones de seguridad laborales actuales.

Además, en la investigación actual, se aplica las pautas establecidas por la normativa ISO 31000 respecto del proceso de la evaluación de riesgos que en el presente estudio se centra en la valoración del riesgo asociado a la electricidad. Mientras que, para realizar la identificación de las fuentes de peligros se aplica la metodología “what if”. Una vez conocidos los procesos y las fuentes respectivas se aplica la metodología IPERC, para identificar peligros, y realizar la valoración de los riesgos asociados en las pruebas eléctricas de transformadores.

Se concluye con el desarrollo de un programa de prevención, que incluye procedimientos de trabajo seguro para el personal del laboratorio de transformadores. El plan desarrollado propone una guía general de seguridad, en beneficio de los técnicos operarios de esta área de trabajo, para que puedan ejercer sus actividades rutinarias de manera confiable, al contar con una guía que incluye pautas seguras, acciones preventivas y procedimientos, con el fin de prevenir accidentes eléctricos y fomentar la cultura de seguridad eléctrica en el personal involucrado.

Palabras clave: Riesgos eléctricos, fuentes de peligro, prevención, seguridad industrial, lista de verificación, evaluación de riesgo, procedimiento seguro.

ABSTRACT

Electric risks are the primary causes of adverse health effects on workers within the occupational field of the electrical sector. The current research project is conducted in the transformer laboratory owned by the Regional Electric Company Centro North S.A., located in the Tungurahua province. The main issue identified is the absence of a culture regarding the significance of electrical safety and the physiological consequences resulting from an electrical accident.

The methodology to be employed includes bibliographic research and fieldwork involving visits to the laboratory facilities. To initiate the assessment of electrical risks, the use of a checklist focused on risk analysis is necessary. This checklist is based on the NFPA-70E standards and the verification questionnaire for identifying potential risk factors proposed by the National Institute of Occupational Safety and Health. The purpose is to diagnose the current occupational safety conditions.

Furthermore, in the current research, the established guidelines of ISO 31000 are applied concerning the risk assessment process, which in this study focuses on assessing the risk associated with electricity. Meanwhile, to identify hazard sources, the "what if" methodology is applied. Once the processes and respective sources are known, the IPERC methodology is applied to identify hazards and assess associated risks in transformer electrical tests.

The conclusion involves the development of a prevention program, which includes safe work procedures for the transformer laboratory personnel. The devised plan proposes a comprehensive safety guide for technical operators in this work area, enabling them to carry out their routine activities reliably. This guide encompasses secure guidelines, preventive actions, and procedures to prevent electrical accidents and promote an electrical safety culture for the involved personnel.

Keywords: Electrical risks, hazard sources, prevention, industrial safety, checklist, risk assessment, safe procedure.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

Diseño de un programa de prevención de riesgos eléctricos en el laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

1.1.1 Planteamiento del problema

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), aproximadamente 2.3 millones de personas pierden la vida cada año en todo el mundo debido a accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo. Además, diariamente se producen alrededor de 860,000 accidentes laborales con consecuencias en términos de lesiones en los trabajadores [1].

A nivel mundial, en países en desarrollo, el índice de accidentes mortales es significativamente más alto que en los países que son industrializados. En la mayoría de estos países, en los últimos 20 años, se han realizado mejoras en la salud y seguridad en el lugar de trabajo. Esta diferencia, se origina debido a la implementación de programas más sólidos de salud y seguridad [2].

La electricidad desempeña un papel fundamental en numerosas actividades diarias, siendo una de las fuentes de energía más utilizadas. Sin su presencia, no sería posible disfrutar de sus diversos usos, tales como la iluminación, el transporte, el procesamiento de alimentos y el levantamiento de cargas. Dada la enorme importancia de la electricidad en todas estas actividades, es crucial tener en cuenta los riesgos asociados con su manejo y establecer procedimientos que permitan eliminar o reducir la posibilidad de sufrir un accidente [1].

Los profesionales del sector están constantemente expuestos al riesgo eléctrico en sus actividades, y es importante tener en cuenta que este riesgo está siempre presente. Por ende, el riesgo eléctrico es una realidad constante en cualquier tarea que involucre la manipulación o maniobra de instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, así como en operaciones de mantenimiento de estas. Además, el riesgo eléctrico también

está presente en actividades de la utilización, manipulación y reparación del equipo eléctrico de las máquinas. Sin embargo, los problemas surgen cuando existe una organización preventiva deficiente, se imponen ritmos de trabajo elevados o se confía exclusivamente en la experiencia personal, lo que puede llevar a no adoptar las medidas preventivas necesarias para protegerse o eliminar el riesgo. Por lo tanto, es fundamental, tomar conciencia de la importancia de implementar las medidas de prevención adecuadas para garantizar la seguridad en el manejo de la electricidad [3].

En el contexto actual de un mundo cada vez más globalizado y sujeto a diversos reglamentos establecidos por entidades internacionales, nuestro país se ha enfrentado a la necesidad imperante de implementar un programa de normas de seguridad industrial, especialmente en el sector eléctrico. La implementación de este programa de normas de seguridad industrial trae como finalidad asegurar que se cumplan los estándares y protocolos de seguridad establecidos a nivel internacional. Lo cual implica la adopción de medidas preventivas y la capacitación adecuada de los trabajadores para identificar y mitigar los riesgos asociados con las instalaciones eléctricas [4].

Mientras que, en la provincia de Tungurahua, la seguridad industrial es de vital importancia y relevancia debido a que la región es una de las principales zonas industriales del país. En cambio, se ha observado un bajo interés y uso de las prácticas de seguridad industrial en la industria local. Esto ha resultado en la pérdida del enfoque en los procesos que generan valor agregado y en la falta de atención a las necesidades y expectativas de los clientes. Como consecuencia a esto, el crecimiento ordenado de las empresas se ha visto obstaculizado [5].

Además, en la sociedad actual, la electricidad presenta una naturaleza invisible tanto para la vista como para el oído la convierte en una fuente importante de accidentes. Los accidentes eléctricos pueden resultar en lesiones de gravedad variable, desde un leve cosquilleo inofensivo hasta consecuencias graves como la muerte debido a un paro cardíaco, asfixia o quemaduras graves. Aproximadamente el 8% de los accidentes laborales mortales se originan en incidentes eléctricos [6].

La sede de la Empresa Eléctrica Ambato se encuentra en la región central de Ecuador, en la provincia de Tungurahua. La empresa cuenta con sus propios edificios en la sede

principal ubicada en Ambato y en la sucursal principal en El Puyo. Además, tiene presencia en diversas agencias distribuidas en Baños, Pelileo, Píllaro, Palora y el Tena. El departamento de distribución es el responsable la responsabilidad de asegurar que todo el sistema eléctrico de EEASA se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento [7].

En el departamento de control y distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Norte S.A. (EEASA), los procedimientos llevados a cabo, tales como: la instalación de transformadores, interruptores, luminarias, acometidas, medidores, regulación y calibración de redes de tensión, conllevan múltiples riesgos que representan potenciales fuentes de accidentes laborales, enfermedades profesionales y pérdidas materiales. Estos peligros ocasionan heridas, esguinces en extremidades, contusiones, enfermedades respiratorias, y quemaduras, por efectos de la exposición a la electricidad [7].

La división encargada de Transformadores y líneas energizadas tiene la autorización para llevar a cabo el mantenimiento y realizar pruebas eléctricas tanto en el laboratorio como en campo, abarcando diversos transformadores de distribución en el sistema eléctrico. Durante las pruebas eléctricas realizadas en el laboratorio de transformadores, los técnicos enfrentan múltiples riesgos laborales relacionados con la electricidad, lo cual compromete la seguridad y salud ocupacional. Cualquier accidente en esta área trae consecuencias fatales para el personal afectado y genera responsabilidades legales para la empresa, de acuerdo con el marco normativo de seguridad industrial vigente en nuestro país. Las pruebas eléctricas en transformadores se llevan a cabo utilizando niveles de voltaje que oscilan entre 208 voltios en baja tensión y 13,800 voltios en media tensión [7].

Debido a la falta de conciencia sobre la seguridad eléctrica, el incumplimiento de los procedimientos establecidos de seguridad durante estas actividades de rutina, la no delimitación de las tensiones de exposición a las pruebas eléctricas en el área de trabajo incluido la ausencia de señalización de prohibición de ingreso para personal no autorizado. Todas estas causas pueden dar lugar a accidentes graves que pueden resultar en lesiones significativas, tanto lesiones físicas secundarias, como efectos con

paso de corriente por el organismo, aumentando el riesgo de muerte para el técnico operario afectado [7].

Por estas razones se evidencia la problemática que enfrenta esta área operativa del laboratorio encargado de las pruebas eléctricas de transformadores. Donde se destaca la falta de consideración a los aspectos de seguridad en las actividades diarias ante los potenciales riesgos eléctricos a los que se encuentran expuestos los técnicos operarios que laboran en este departamento de la Empresa Eléctrica Ambato.

1.2 Antecedentes investigativos

El trabajo de grado presentado por Carlos Francisco Dávila Maldonado en octubre de 2018 en la Universidad Técnica Particular de Loja se centró en el diseño del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales en la operatividad del sistema de distribución del área urbana de concesión de la Empresa Eléctrica Quito. El objetivo principal fue reducir los incidentes y accidentes en un 60% en el primer año de aplicación. El enfoque utilizado en este trabajo fue la metodología del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), que propone un ciclo de mejoramiento continuo. Esto implica la planificación de acciones, su ejecución, verificación de los resultados y la implementación de medidas correctivas y preventivas, ya que el diseño del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales tiene como objetivo principal establecer medidas y procedimientos para garantizar la seguridad de los trabajadores en el área de distribución eléctrica urbana. La implementación de este sistema de gestión tuvo como finalidad cumplir con las normativas de prevención de riesgos laborales y fomentar una cultura de seguridad en la organización. A través de la planificación, ejecución, verificación e implementación de acciones correctivas y preventivas, se busca minimizar los riesgos eléctricos y garantizar un entorno laboral seguro para los trabajadores [8].

El trabajo presentado por Alejandro Javier Bastidas Guillén y Xavier Gonzalo Lascano Jaramillo en 2016 en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) se titula "Plan de gestión integral de mantenimiento, seguridad Industrial y salud ocupacional bajo normas nacionales para aplicación en el taller automotriz del GAD del cantón Alausí". Este trabajo aborda los riesgos existentes en el taller automotriz y

propone un plan de gestión integral para la prevención de accidentes y promoción de la salud ocupacional. El objetivo principal del plan es gestionar las medidas preventivas necesarias para las diferentes áreas del taller automotriz del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón Alausí, con un enfoque especial en aquellas que presentaban mayores riesgos. Para lograrlo, se utilizó una matriz de riesgo que permitió identificar y evaluar los factores de riesgo presentes en el taller [9].

En el siguiente estudio, titulado "Factor de Riesgo Eléctrico al que están Expuestos los Trabajadores del Área de Distribución, Zona Pasto, de la Empresa Cedenar, SAESP" fue realizado por Efraín Libardo Pinza y Paula Andrea Mejía como requisito para obtener el grado de Especialistas en Salud Ocupacional en la Universidad de Nariño, Colombia. El estudio se enfocó en los trabajadores encargados de la instalación, mantenimiento y reparación de redes de energía eléctrica de alta, media y baja tensión en la zona Pasto de la empresa CEDENAR SAESP. El trabajo señaló que los trabajadores involucrados en estas actividades estaban expuestos a factores de riesgo eléctrico. La posibilidad de que una corriente eléctrica circule a través del cuerpo humano representa un riesgo de accidente significativo que debe tenerse en cuenta. El objetivo principal de este estudio fue diseñar una guía que contribuyera a sensibilizar a los trabajadores linieros sobre el riesgo al que estaban expuestos. La guía tenía como finalidad proporcionar información y recomendaciones para que los trabajadores comprendieran los peligros asociados con el factor de riesgo eléctrico y adoptaran medidas de prevención adecuadas [10].

En otra investigación, se hace mención a un artículo académico titulado "Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico. Introducción a la norma NFPA 70E" fue elaborado por Cesar Muñoz Chacón en 2016, en nombre de la Asociación Chilena de Seguridad. En este artículo se aborda el fenómeno del relámpago de arco (Arc Flash) y se exploran las medidas de control relacionadas con este fenómeno. El objetivo principal de la investigación fue analizar la accidentabilidad eléctrica en Chile, examinando las tendencias y los focos críticos en la industria. Para ello, se utilizó información recopilada de estadísticas internas de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), así como de organismos públicos como el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO), la SEREMI Salud y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Con base en los

resultados y las tendencias identificadas en las estadísticas, se desarrollaron herramientas preventivas para la evaluación cualitativa y cuantitativa de variables y parámetros en sistemas eléctricos [3].

Aparte, se detalla otro artículo académico titulado "Factibilidad de aplicación de las Directrices del Comité de Basilea para la evaluación de los Riesgos Operativos en Empresas Eléctricas Estatales" fue desarrollado por Dionicio Peña Torres en 2015 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la factibilidad de aplicar las directrices del Comité de Basilea para la evaluación de los riesgos operativos en empresas eléctricas estatales. El proyecto se enfocó en identificar las variables aleatorias que implican la probabilidad de daños potenciales y pérdidas en la unidad de investigación, en este caso, en la empresa estatal EDELCA. Se puso especial atención en el proceso más crítico de la empresa, que se identificó como "Ejecutar el Mantenimiento", utilizando fuentes de riesgo recopiladas en el documento. Este estudio buscó aplicar las directrices del Comité de Basilea para evaluar los riesgos operativos en empresas eléctricas estatales [11]. Como resultado del estudio, se obtuvo un conjunto de principios de divulgación de información que permitiría a los participantes del mercado energético, como el gobierno, los distribuidores, los consumidores, los reguladores, los accionistas, los inversionistas, los bancos y otros actores relevantes, evaluar y estimar de manera continua el perfil de riesgo operativo y su nivel de capitalización [11].

Finalmente, se menciona el siguiente estudio, "Influencia de las crisis económicas en los accidentes eléctricos en minerías, en los años 2008 y 2014, en España" fue elaborado por Modesto Freijo, Carla Vintró, Antoni Viladomat y Luis Sanmiguel de la Universidad Politécnica de Cataluña. El objetivo de este estudio fue analizar cómo las crisis económicas afectaron los accidentes eléctricos en la industria minera en España durante los años 2008 y 2014. Según la conclusión principal del estudio, se observó una reducción en los accidentes laborales tanto por contactos indirectos como directos. Sin embargo, también se menciona que el número de trabajadores en las minas disminuyó año tras año. Aunque la probabilidad de tener un accidente eléctrico no se redujo, se mantuvo constante a lo largo del tiempo [12]. Por tanto, esta conclusión resalta la importancia de implementar políticas preventivas adecuadas en

la industria minera, especialmente en lo que respecta al mantenimiento preventivo y las auditorías de seguridad de las instalaciones eléctricas. Además, se hace hincapié en la importancia de asegurar la seguridad en los lugares de trabajo donde se encuentran estas instalaciones eléctricas [13].

1.3 Fundamentación teórica

Esta investigación se basa en el estudio de los riesgos eléctricos y su relación con las condiciones de trabajo existentes en la Empresa Eléctrica. Es por ello por lo que resulta necesario analizar temas relacionados a la seguridad industrial, condiciones de trabajo, particularidades de la actividad laboral, enfermedades generadas por factores de riesgo eléctrico. Es así como, la seguridad industrial se refiere a las medidas y precauciones que se toman en un entorno laboral para proteger la integridad física y la salud de los trabajadores. Su objetivo principal es prevenir accidentes y enfermedades laborales, así como minimizar los riesgos y peligros presentes en el lugar de trabajo. Además, la seguridad industrial se basa en la identificación y evaluación de los riesgos laborales específicos de cada puesto de trabajo, así como en el desarrollo e implementación de procedimientos, técnicas y elementos seguros para prevenirlos o controlarlos [14].

1.3.1 Conceptos previos de seguridad industrial

a. Accidente

Un accidente es cualquier interrupción no planificada dentro de un proceso, que ocurre de manera instantánea, con estados patológicos y en un lapso breve. Se trata de un evento imprevisible que puede generar consecuencias negativas o daños a las personas, equipos o al entorno [15].

b. Acto Inseguro

Un acto inseguro implica comportamientos o acciones que van en contra de las prácticas seguras establecidas y que pueden generar situaciones de riesgo o peligro para la salud y seguridad de las personas involucradas [16].

c. Condición insegura

Se refiere a la situación en la que el agente causante de un accidente podría y debería haber sido protegido o resguardado. Algunos ejemplos de condiciones inseguras incluyen una iluminación deficiente, ventilación inadecuada, ropa que no cumple con los estándares de seguridad y agentes que no están protegidos de manera adecuada [17].

d. Condiciones de trabajo

Son las regulaciones que establecen los requisitos para proteger la salud y la vida de los trabajadores en los establecimientos y lugares de trabajo. También definen las prestaciones que los trabajadores deben recibir por su labor. Estas normas se implementan con el objetivo de salvaguardar la integridad física y mental de los empleados, asegurando un entorno laboral seguro y justo, así como la compensación adecuada por su trabajo realizado [15].

e. Enfermedad

Una enfermedad puede ocurrir de acuerdo con el tiempo de exposición, ya sea como una enfermedad repentina o crónica. Se caracteriza por tener una progresión en sus estados patológicos y se desarrolla a lo largo de un periodo prolongado. A diferencia de un accidente, la enfermedad de trabajo es la condición médica resultante de la persistente influencia de una causa cuyo origen o motivo se encuentra en las labores laborales o en el entorno en el que el empleado está obligado a desempeñar sus funciones [14].

f. Enfermedad ocupacional

Una enfermedad ocupacional se refiere a cualquier alteración en la salud de un trabajador que se origina debido al manejo o exposición a agentes químicos, biológicos o lesiones físicas presentes en su lugar de trabajo [14]. Por otro lado, una lesión se puede considerar como un daño repentino que puede ocurrir de manera inmediata debido a un accidente o incidente [18].

g. Higiene industrial

La higiene industrial es una disciplina que se enfoca en identificar, evaluar y controlar los factores ambientales que se generan en o por los lugares de trabajo y que pueden causar daños y enfermedades tanto a los trabajadores como a los ciudadanos de la comunidad. Su objetivo es detectar, analizar y evaluar el sistema de trabajo, y diseñar mecanismos de control y mejora del entorno laboral, con el fin de promover la salud y aumentar la productividad. La higiene industrial se ocupa de mejorar las condiciones ambientales y de trabajo para salvaguardar la salud de los trabajadores y fomentar un entorno laboral seguro y saludable [14].

h. Peligro

Se refiere a cualquier condición que se pueda prever con certeza que cause lesiones o daños a la propiedad y/o al medio ambiente. Estos peligros están inherentemente presentes en objetos materiales o equipos y están directamente relacionados con condiciones inseguras. En otras palabras, un peligro representa una situación o factor que puede poner en riesgo la seguridad de las personas, la propiedad o el entorno, y está asociado con condiciones que no cumplen con los estándares de seguridad necesarios [14].

i. Salud

La salud se define como un estado de bienestar que abarca aspectos físicos, mentales y sociales, y no se limita únicamente a la ausencia de enfermedad o discapacidad. Es un estado completo de bienestar en el cual una persona puede disfrutar de una buena condición física, tener un equilibrio emocional y mental satisfactorio, y mantener relaciones sociales positivas y satisfactorias [16].

j. Seguridad industrial

La seguridad industrial engloba un conjunto de normas y procedimientos con el objetivo de evitar accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como garantizar el mantenimiento adecuado de instalaciones, materiales, máquinas, equipos y herramientas. Se centra en la prevención de accidentes mediante medidas técnicas,

organizativas y humanas, con el fin de proteger a los trabajadores durante los procesos productivos [19].

k. Riesgo

Posibilidad de sufrir pérdidas y el grado de probabilidad de que esas pérdidas ocurran. La exposición a la posibilidad de un accidente se define como asumir un riesgo, y esto está directamente relacionado con la presencia de actos o condiciones inseguras [17].

l. Riesgo de trabajo

Evento que puede dar lugar a la ocurrencia de accidentes y/o enfermedades [17].

1.3.2 Conceptos básicos de electricidad

La unidad de carga eléctrica es el coulomb (Cb), equivalente a la carga de $6,29 \times 10^{18}$ electrones. Cuando dos cuerpos cargados se conectan mediante un conductor, se produce un flujo de electrones de uno a otro a través del conductor [20]. Para medir la cantidad de corriente que fluye por un conductor, se utiliza el ampere como unidad tal como se indica en la Ecuación 1.

$$I[\text{Ampere}] = \frac{Q[\text{Cb}]}{t[\text{s}]} \quad (1)$$

a. Intensidad eléctrica

La cantidad de carga eléctrica que fluye a través de un conductor por unidad de tiempo se conoce como intensidad de corriente o simplemente intensidad, y se mide en amperios (A) [21].

b. Tensión eléctrica

El voltaje es la variación de potencial o diferencia de tensión existente entre dos puntos. Esta diferencia de potencial se denomina voltaje y se mide en voltios (V).

c. Resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica cuantifica la dificultad que presenta un material para permitir el paso de corriente, y se expresa en ohmios (Ω).

d. Frecuencia

Es la cantidad de ciclos por segundo que se repite una señal senoidal periódica y se expresa en hertzios (Hz).

e. Ley de Ohm

La resistencia de un cuerpo aumenta de manera proporcional a la tensión aplicada y disminuye de manera proporcional a la intensidad que circula a través de él, según la Ecuación 2.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{tensión}}{\text{intensidad}} \tag{2}$$

En consecuencia, la corriente eléctrica que pasa a través de un cuerpo está directamente relacionada con la diferencia de potencial a la que esté expuesto [21].

f. Conductor activo

Cable diseñado para llevar la energía eléctrica. Esta designación se aplica a los cables de fase y neutro en un sistema de corriente alterna o a los cables positivo, negativo y neutro en un sistema de corriente continua. Los colores de los conductores eléctricos deben seguir la codificación establecida para identificar la fase correspondiente, de acuerdo con la norma NCh350 [22].

CONDUCTOR	COLOR
Fase 1	Azul
Fase 2	Negro
Fase 3	Rojo
Neutro	Blanco
Tierra de Protección	Verde

Figura 1. Código de colores de los conductores eléctricos [22]

g. Contactos eléctricos

Tensión de contacto: la tensión a la que una persona se expone al entrar en contacto con una instalación o sistema eléctrico se conoce como tensión de contacto (Vc).

Contacto directo: la electrocución ocurre cuando una persona entra en contacto directo con un conductor, elemento o parte activa que está bajo tensión, siendo las partes activas los conductores que están bajo tensión durante el funcionamiento normal [21].

Los contactos directos pueden producirse de tres formas:

- Contacto directo con dos conductores activos de una línea.
- Contacto directo con un conductor activo de línea y masa o tierra.
- Contacto directo por descarga inductiva o descarga por inducción.

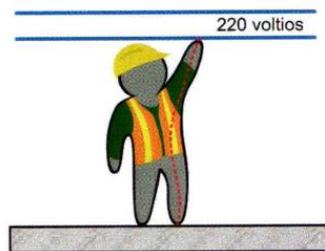


Figura 2. Ejemplo de contacto directo

Contacto indirecto: la descarga eléctrica se produce cuando una persona entra en contacto con un elemento como una carcasa, una envoltura o una cubierta de un equipo o sistema que accidentalmente ha perdido su aislamiento [21].

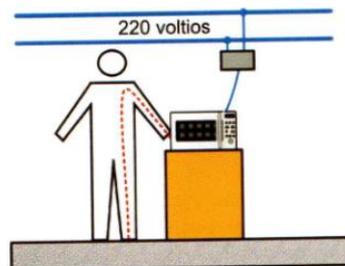


Figura 3. Ejemplo de contacto eléctrico indirecto

Tensión de contacto indirecto: se produce una corriente de defecto por un fallo de aislamiento, cuyo valor viene dado por la Ecuación 3:

$$I_d = \frac{V_l}{R_a + R_t} \quad (3)$$

Donde I_d es la corriente de defecto, V_l la tensión de fase o línea, R_a , la resistencia del fallo de aislamiento y R_t la resistencia de puesta a tierra. La resistencia de puesta a

tierra facilita el flujo de corriente de fallo hacia la tierra antes de que una persona pueda llegar a tocar la envolvente del elemento.

En la Figura 4, se evidencia cómo la impedancia del cuerpo humano cambia según las condiciones de humedad de la piel y la tensión de contacto.

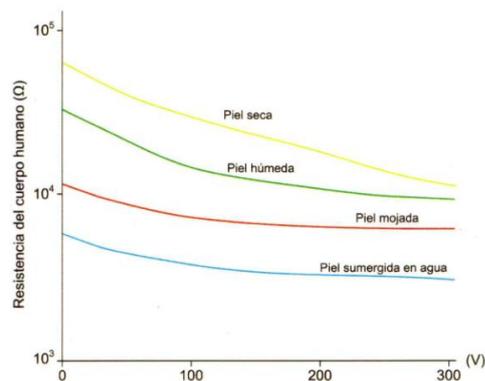


Figura 4. Variación de la impedancia de un cuerpo humano en función de la tensión y la humedad de la piel

h. Red trifásica

Se trata de un sistema que utiliza tres conductores para transportar señales alternas. La forma de onda se reproduce de manera continua a medida que transcurre el tiempo. Si esta repetición ocurre 50 veces por segundo, se denomina frecuencia de 50 Hz. Para equilibrar el ciclo, las fases presentan un desfase. Si un ciclo completo abarca 360° y contamos con tres fases, el desfase entre ellas será de $360/3 = 120^\circ$. Cada fase experimenta un desplazamiento de 120° con respecto a la fase anterior [17].

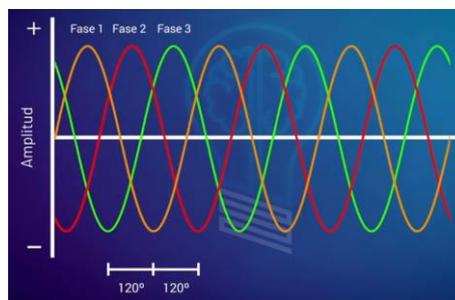


Figura 5. Distintas fases de una corriente trifásica [17]

Fase Trifásica: obtenemos un conjunto de ondas senoidales desplazadas 120° entre sí formando un sistema trifásico y esto continúa en el tiempo a medida que el rotor va girando.

- Inductor: el que induce. El bobinado que genera el campo magnético inicial es el bobinado inductor.
- Inducido: el que recibe la inducción. El bobinado inducido es el que recibe ese campo magnético inicial, se ve inducido.

i. Conexiones para transformadores trifásicos

Tanto los tres enrollados primarios como los tres secundarios pueden ser conectados de dos maneras trifásicas conocidas: estrella o triángulo. Los posibles sistemas de conexión para transformadores trifásicos incluyen: delta-delta, delta-estrella, estrella-delta, y estrella-estrella [23].

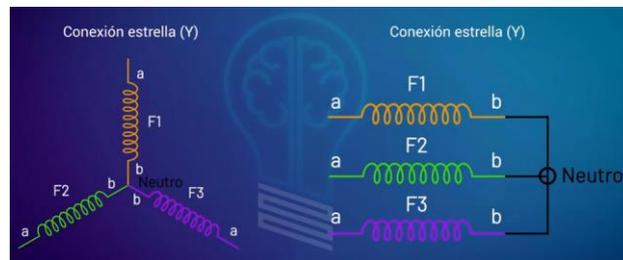


Figura 6. Modo de conexión estrella en teoría y práctica [23]

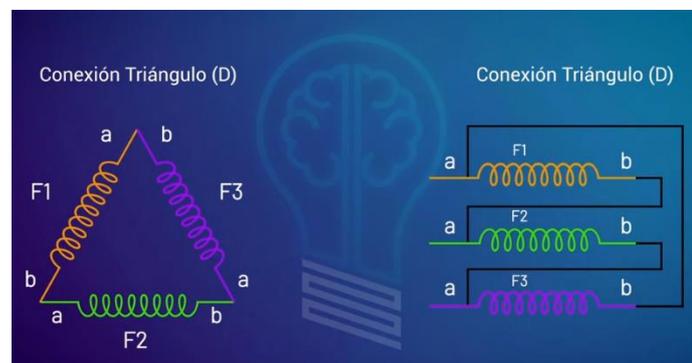


Figura 7. Modo de conexión triángulo en teoría y práctica [23]

j. Circuitos de corriente alterna trifásica

Los sistemas utilizados en la industria son circuitos trifásicos comúnmente conectados en configuración estrella [20]. En este tipo de conexión, se pueden obtener dos tensiones diferentes:

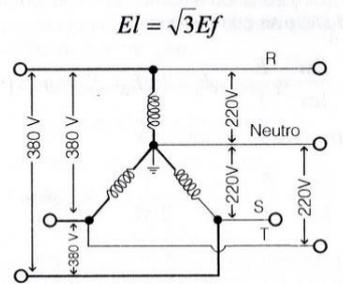


Figura 8. Sistema trifásico conectado en configuración de estrella [20]

- La tensión de fase EF (220V) al conectar una fase (R, S o T) con el neutro.
- La tensión de línea EL al conectar una línea con otra (380 V).

k. Relación de transformación

La relación de transformación nos indica la variación, ya sea un aumento o una disminución, que experimenta el valor de la tensión de salida en comparación con la tensión de entrada [24].

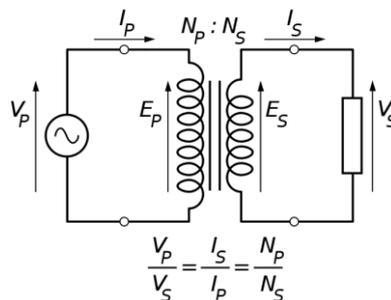


Figura 9. Representación esquemática relación-transformación [24]

La relación de transformación (n) entre la tensión en el bobinado primario y el bobinado secundario está determinada por el número de vueltas en cada uno de ellos. Donde: (V_p) representa la tensión en el devanado primario o la tensión de entrada, (V_s) es la tensión en el devanado secundario o la tensión de salida, (I_p) indica la corriente en el devanado primario o la corriente de entrada, y (I_s) denota la corriente en el devanado secundario o la corriente de salida.

1.3.3 Clasificación de los sistemas eléctricos en relación con la tensión

La conexión a tierra de la tensión en un sistema eléctrico trifásico está determinada por la condición del neutro, que puede ser aislado, conectado a tierra a través de una impedancia o directamente conectado a tierra [20].

a. Niveles de voltaje

Los sistemas eléctricos son clasificados por el IEC en función de su tensión nominal:

- Sistemas de categoría 0: tensión 50 V para corriente alterna, tensión 120 V para corriente continua.
- Sistemas de categoría I: tensión 50 V/1000 V para corriente alterna, tensión 120 V/1500 V para corriente continua.
- Sistemas de categoría II: tensión 1000 V/30 000 V para corriente alterna, tensión 1500 V/30 000 V para corriente continua.
- Sistemas de categoría III: para tensión nominal mayor de 30 000 V.

b. Niveles de tensión

Se pueden clasificar en:

- Muy baja tensión (MBT): se refiere a una situación en la que la diferencia de potencial entre conductores es menor a 50 V en corriente continua o a 24 V eficaces entre conductores y neutro en corriente alterna. En el caso de sistemas trifásicos con neutro conectado a tierra, esto equivaldría a 42 V entre fases [20].
- Baja tensión (BT): se refiere a una situación en la cual la diferencia de potencial entre los conductores es menor a 1000 V y superiores a 50 V en corriente continua o a 578 V eficaces entre conductores y tierra en corriente alterna. En sistemas trifásicos con neutro conectado a tierra, esto equivaldría a 1000 V entre fases.
- Media Tensión (MT): se refiere a voltajes superiores a 1000 V y hasta 33,000 V.

- Alta tensión (AT): se aplica a voltajes superiores a 33,000 V entre conductores activos.

c. Tensión de seguridad

En entornos con bajos niveles de humedad y alta humedad, se establece una tensión de seguridad de hasta 24 V con respecto a la tierra. En lugares con presencia de líquidos conductores, ya sea en ambientes húmedos o impregnados, la determinación de esta tensión deberá realizarse de manera específica en cada caso por el Servicio de Higiene y Seguridad en el trabajo de la empresa [20].

d. Categoría y grupo de nivel de tensión según ARCONEL

Siguiendo lo establecido en el artículo 17 de la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas, se clasifican las tarifas en tres categorías según las características de consumo: residencial, general y alumbrado público. Además, se dividen en tres grupos en función del nivel de tensión: alta tensión, media tensión y baja tensión [25].

Categoría residencial: se refiere al suministro de electricidad designado específicamente para el uso residencial de los consumidores, es decir, en el hogar, sin importar el tamaño de la carga eléctrica conectada [25].

Categoría general: este servicio eléctrico se utiliza en actividades que no entran en la categoría residencial y abarca principalmente el comercio, la industria y la provisión de servicios, tanto públicos como privados, según lo requerido por los consumidores.

Grupos de nivel de tensión

- *Categoría de alta tensión (AT)*
 - Subgrupo 1 (AT1): Dirigido a voltajes de suministro en el punto de entrega superiores a 138 kV.
 - Subgrupo 2 (AT2): Diseñado para voltajes de suministro en el punto de entrega superiores a 40 kV y hasta 138 kV.

- ***Categoría de media tensión (MT)***
 - Aplicable a voltajes de suministro en el punto de entrega entre 600 V y 40 kV. En este grupo se incluyen aquellos consumidores que se conectan a la red de media tensión mediante transformadores de distribución, ya sean propiedad de la empresa distribuidora o del consumidor.
- ***Categoría de baja tensión (BT)***
 - Destinado a voltajes de suministro en el punto de entrega inferiores a 600 V [25].

e. Niveles de Tensión eléctrica que maneja la EEASA

En Ecuador, la mayoría de los niveles de voltaje provienen de plantas hidroeléctricas. Luego, la energía, es distribuida tanto a los hogares como a las empresas. En particular, las industrias suelen contar con transformadores propios, ya que requieren una mayor potencia para llevar a cabo sus operaciones.

En la Tabla 1, se presentan los niveles de tensión utilizados en la distribución de energía eléctrica en el país. La alta tensión se emplea para trasladar la energía desde la hidroeléctrica, recorriendo extensas distancias hasta llegar a las subestaciones. Por otro lado, la media tensión se utiliza para llevar la energía desde las subestaciones hasta las centrales transformadoras, desde donde se distribuye la baja tensión para el consumo eléctrico en hogares, empresas e industrias [25].

Tabla 1. Niveles de tensión en el Ecuador

Tensión eléctrica	Valor
Baja	110 V
	220 V
	380 V
	480 V
Media	6,3 kV
	13,8 kV
	22 kV
	34,5 kV
Alta	69 kV
	138 kV
	230 kV

En la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., los voltajes para las actividades en campo de baja tensión son 110V y 220V, con sistemas trifásicos de 127/220V a nivel empresarial. En el caso de la media tensión, el voltaje alcanza los 13,8KV, lo que implica que los trabajadores se encuentren expuestos a una peligrosa tensión eléctrica durante sus labores en el campo a lo largo de la jornada laboral.

f. Suministro eléctrico a través de postes con niveles de tensión media y baja.

En la Figura 11, se muestra el despliegue de energía en las líneas eléctricas ubicadas en los postes de tensión media. En la parte inferior de la estructura se hallan las líneas telefónicas e internet. Sobre este poste, se sitúan las dos fases de baja tensión con 220V cada una. En esta disposición específica, la línea de neutro se encuentra por encima de las fases de baja tensión, mientras que en la parte superior se localiza la línea de media tensión con 13,8KV. En la Figura 10, se muestra el voltaje que se emplea en las líneas de distribución.

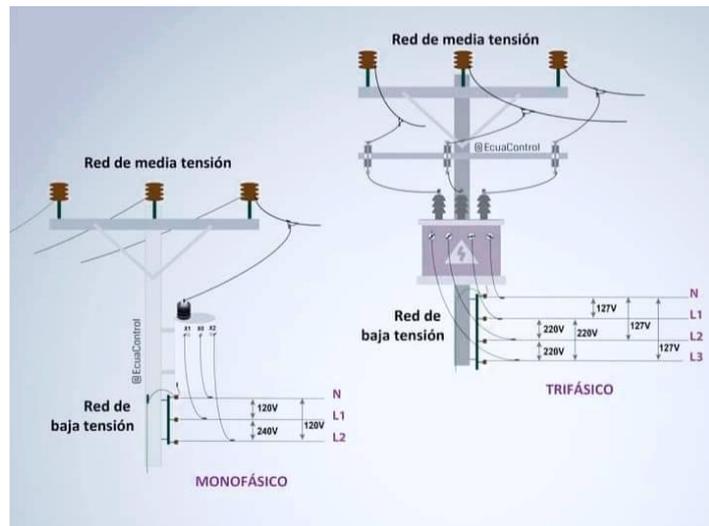


Figura 10. Voltaje en líneas de distribución de baja tensión [26]



Figura 11. Disposición de las conexiones eléctricas en los postes de distribución

1.3.4 Efectos de la corriente eléctrica

La circulación de corriente eléctrica a través del cuerpo humano al establecer contacto entre dos puntos con potenciales distintos puede provocar alteraciones o lesiones, ya sean temporales o permanentes. La magnitud de este depende de una serie de factores, como las características fisiológicas del individuo expuesto, las condiciones ambientales y las propiedades específicas de la corriente eléctrica.

Una persona se electriza cuando la corriente eléctrica fluye a través de su cuerpo, lo que significa que la persona se convierte en parte del circuito eléctrico. En este caso, se pueden identificar al menos dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente eléctrica [2].

a. Tipos de efectos de la corriente eléctrica

Los impactos que la corriente eléctrica tiene en el cuerpo humano pueden ser categorizados en dos grupos, tal como ilustra la Figura 12.

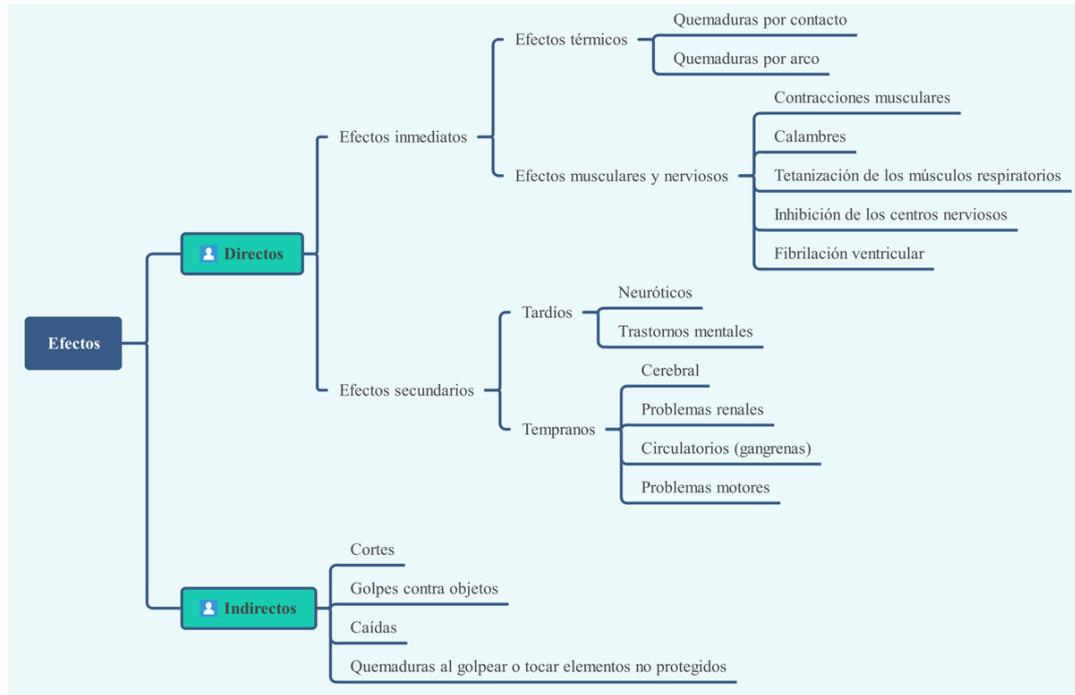


Figura 12. Principales efectos directos e indirectos de la corriente eléctrica

b. Efectos directos

Se refieren a las lesiones o daños que resultan directamente del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano. En la Tabla 2, se describen los efectos directos.

Tabla 2. Efectos fisiológicos directos de la electricidad

Umbral de percepción, 1-3 mA	Se encuentra en el rango de 1 a 3 miliamperios, no presentando peligro y el contacto puede mantenerse sin ningún problema.
Electrización, 3-10 mA	Genera una sensación de hormigueo y puede inducir movimientos reflejos.
Tetanización, 10 mA	La corriente provoca contracciones musculares y paraliza los músculos de las manos y los brazos, dificultando soltar cualquier objeto.
Paro respiratorio, 25 mA	Si la corriente pasa a través de la cabeza, podría impactar el centro nervioso respiratorio en sí mismo.
Asfixia, 25-30 mA	Si la corriente atraviesa el tórax, existe la posibilidad de que se produzca la tetanización del diafragma, lo cual impide la contracción de los músculos pulmonares.
Paro respiratorio, 35 mA	Si la corriente pasa a través de la cabeza, podría impactar el centro nervioso respiratorio en sí mismo.

Tetanización muscular: implica el movimiento involuntario de los músculos como consecuencia de la corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo. La contracción involuntaria de los músculos, causada por la exposición a la corriente eléctrica, puede resultar en la pérdida de control de las manos, los brazos y los músculos pectorales, dependiendo de la trayectoria de la corriente [2].

Paro respiratorio: ocurre cuando la corriente eléctrica atraviesa la cabeza y afecta el centro nervioso respiratorio.

Asfixia: sucede cuando la corriente eléctrica pasa a través del tórax, lo que impide el funcionamiento adecuado de los músculos pulmonares debido a la tetanización del diafragma, lo que a su vez inhibe la respiración. Se produce un paro respiratorio cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso encargado de regular la función respiratoria, lo cual interrumpe la capacidad de respirar de forma adecuada [21].

Paro cardíaco: sucede cuando la corriente eléctrica atraviesa el corazón, causando la parálisis de los músculos del tórax debido a la contracción.

Fibrilación ventricular con fallo cardíaco: la activación de las fibras musculares cardíacas ocurre a través de impulsos eléctricos generados por el nodo senoatrial, ubicado en la parte superior del atrio derecho del corazón, según se muestra en la Figura 13. Este nodo desempeña la función de generador de pulsos para regular la actividad cardíaca. Es una condición en la que el corazón experimenta un movimiento desordenado, lo que resulta en la interrupción del flujo sanguíneo hacia los diferentes órganos. Aunque el corazón sigue en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento [23].

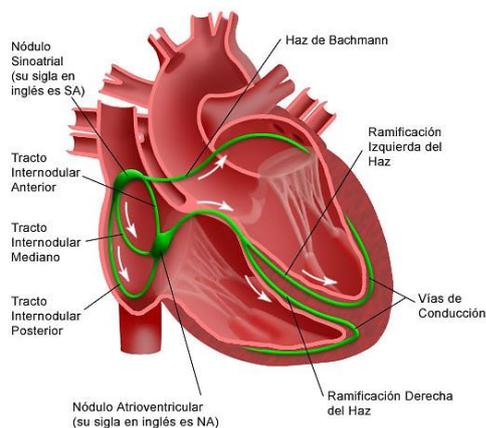


Figura 13. Sistema eléctrico del corazón [27]

Cuando a estos impulsos eléctricos fisiológicos se les añade una corriente eléctrica externa, puede desencadenarse la fibrilación ventricular. El cual, es el movimiento desordenado del corazón, el cual deja de bombear sangre eficazmente hacia los

distintos órganos, lo que puede resultar en un paro cardíaco y posiblemente llevar a la muerte [2].

Quemaduras: pueden ser de naturaleza interna o externa, variando en gravedad y relevancia. Los efectos producidos en la piel se ilustran en la Figura 14, donde cada área representa un posible resultado de las quemaduras. Se han establecido unas curvas que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada (mA/mm^2) y el tiempo de exposición a esa corriente [21].

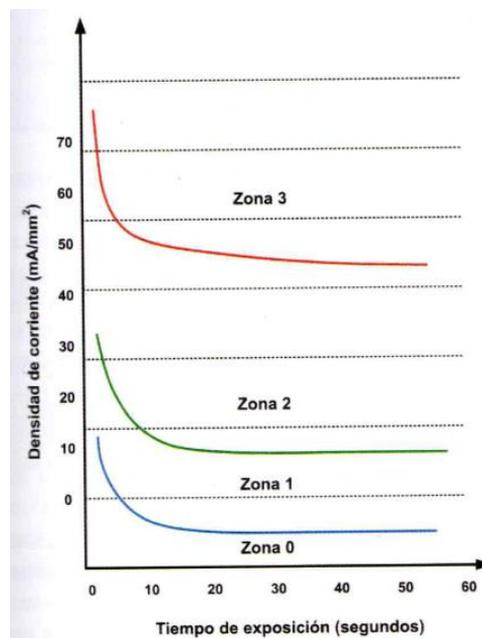


Figura 14. Zonas de alteraciones de la piel humana

- Zona 0: no se produce alteración en la piel.
- Zona 1: la piel presenta un enrojecimiento con inflamación en los bordes en contacto con el electrodo.
- Zona 2: causa una pigmentación marrón en la piel ubicada debajo del electrodo.
- Zona 3: en este caso, se presentan quemaduras de mayor gravedad, pudiendo incluso llegar a la carbonización de la piel.

Electrocardiograma: en la Figura 15, se pueden identificar los potenciales eléctricos en las diversas fases del ciclo cardíaco. Se observan tres tipos de ondas: P, QRS y T.

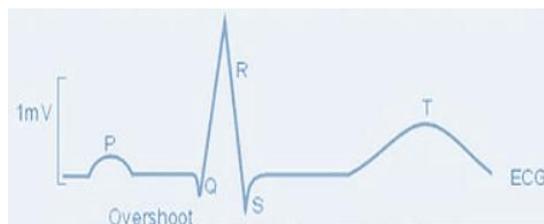


Figura 15. Fases del ciclo cardíaco

Al inicio del ciclo, la onda P señala el inicio de la sístole auricular; la onda QRS marca el inicio de la sístole ventricular, y al final, la onda T indica la conclusión de dicha sístole. La onda P corresponde al latido auricular, mientras que las ondas QRS y T se asocian con los ventrículos. Existe un período conocido como "período vulnerable", que coincide con la onda T y representa el 20% del ciclo total de 1 segundo [20].

Por lo tanto, el riesgo de fibrilación se incrementa cuando la corriente atraviesa el corazón y conforme aumenta la duración del contacto. La forma de un electrocardiograma durante el desencadenamiento de una fibrilación ventricular se presenta en la Figura 16.

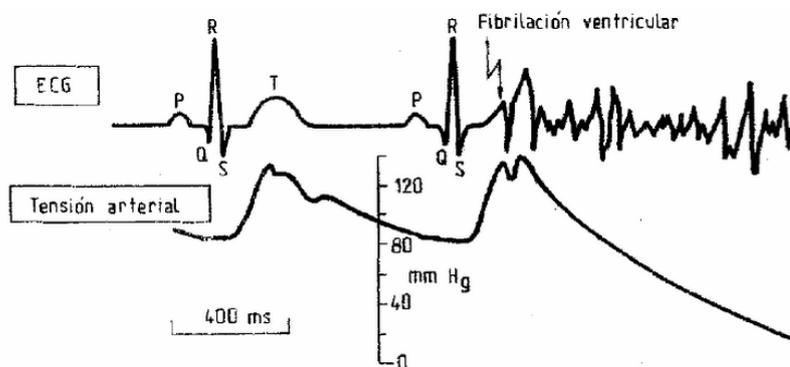


Figura 16. Electrocardiograma frente a tensión arterial

Efectos de la corriente alterna de frecuencia comprendida entre 15Hz y 100Hz con un recorrido “mano izquierda – los dos pies”

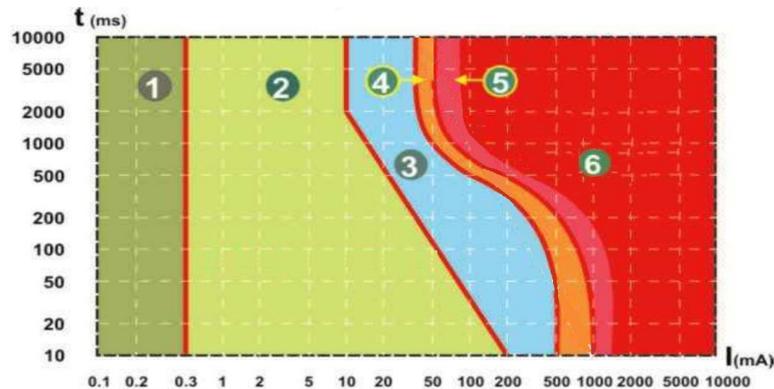


Figura 17. Gráfica de la corriente alterna - efecto en el organismo [28]

Zona 1 o Umbral de percepción: El umbral de sensibilidad eléctrica está determinado por varios parámetros, como la superficie del cuerpo en contacto con un electrodo (superficie de contacto), las condiciones de contacto (seco, húmedo, presión, temperatura) y las características fisiológicas del individuo. Cuando el umbral no se supera, el cuerpo no experimenta ninguna reacción [29].

Zona 2 o Umbral de no soltar: En este umbral de sensibilidad eléctrica depende de varios parámetros, como la superficie de contacto, la forma y dimensiones de los electrodos, así como las características fisiológicas de la persona. En general, cuando no se supera este umbral, no se experimenta ningún efecto fisiológico peligroso [29].

Zona 3 o Umbral de fibrilación ventricular: En este umbral de sensibilidad eléctrica depende tanto de parámetros fisiológicos, como la anatomía del cuerpo y el estado de las funciones cardíacas, como de parámetros eléctricos, como la duración y el recorrido de la corriente. Por lo general, cuando no se supera este umbral, no se produce ningún daño orgánico. Sin embargo, si la duración de la exposición es superior a 2 segundos, pueden ocurrir contracciones musculares que dificulten la respiración, así como paradas temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular [29].

Zona 4: Riesgo de fibrilación hasta aproximadamente un 5%.

Zona 5: Riesgo de fibrilación hasta aproximadamente un 50%.

Zona 6: Paro cardíaco, paro respiratorio y quemaduras severas, riesgo de fibrilación por encima del 50%.

c. Efectos indirectos y secundarios

Los efectos secundarios son los trastornos que ocurren después del incidente de la descarga eléctrica. Entre los más comunes se incluyen los trastornos cardiovasculares,

renales, oftálmicos y auditivos. Además, el flujo de corriente eléctrica puede dar lugar a efectos secundarios, que son producto de las reacciones involuntarias de las personas afectadas por la descarga eléctrica. Estos incluyen caídas desde alturas, impactos contra objetos o la proyección de objetos [30].

- Efectos Renales: las quemaduras pueden ocasionar obstrucciones de los riñones.
- Problemas Cardiovasculares: la descarga eléctrica tiene el potencial de causar irregularidades en el ritmo cardíaco y en la conducción entre las aurículas y los ventrículos.
- Complicaciones Nerviosas: individuos afectados por una descarga eléctrica podrían experimentar trastornos nerviosos derivados de pequeñas hemorragias, como resultado de la desintegración de la sustancia nerviosa central o medular.
- Alteraciones sensoriales, oculares y auditivas: problemas oculares pueden surgir debido a los efectos luminosos y térmicos del arco eléctrico.

1.3.5 Factores que influyen en el efecto de la corriente eléctrica

El riesgo eléctrico se describe como la eventualidad de que la corriente eléctrica fluya por el cuerpo humano. Para que esta posibilidad se materialice, es necesario que:

- El cuerpo humano sea conductor, que tenga la capacidad de conducir electricidad.
- El cuerpo humano pueda integrarse al circuito eléctrico.
- Exista una diferencia de voltaje entre dos puntos de contacto [31].

El tipo y la intensidad del impacto causado por la corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo humano estarán determinados por una serie de factores, que incluyen los siguientes:

a. Tipo o frecuencia de la corriente

Dependiendo de la frecuencia, se distingue entre corriente continua y corriente alterna. Los incidentes que involucran corriente alterna de baja frecuencia pueden causar una sensación de congelación en los músculos. La impedancia de la piel humana decrece

con la frecuencia, facilitando la circulación de corriente por la misma, como se muestra en la Figura 18.

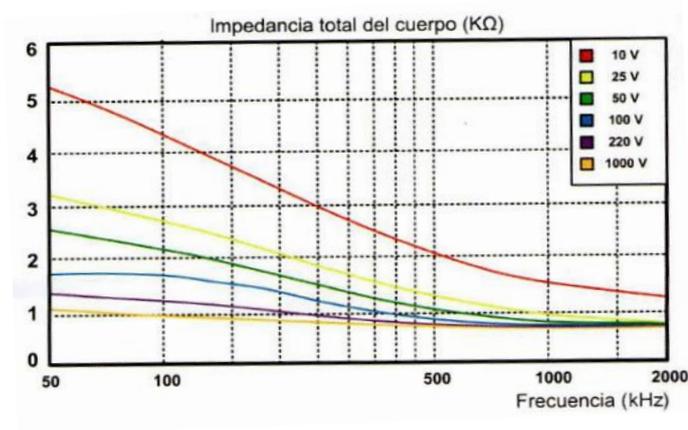


Figura 18. Valor de la impedancia total del cuerpo en función de la tensión y frecuencia

b. Intensidad o magnitud de la corriente

La intensidad de la corriente es uno de los factores más determinantes en la severidad de los daños o lesiones en un incidente eléctrico. En otras palabras, a mayor voltaje o amperaje al que se expone el cuerpo humano, mayores serán los daños resultantes. Cuando un cuerpo humano se expone a una corriente de alrededor de 20 a 25 miliamperios en corriente alterna (o 80 miliamperios en corriente continua), se inicia la pérdida de control muscular. Los efectos secundarios derivados del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Efectos de corriente eléctrica en el cuerpo humano

Intensidad	Efectos en el cuerpo humano
1 a 3 mA	El cuerpo experimenta una sensación de picazón sin riesgo (umbral de percepción).
Más de 5 mA	Un contacto prolongado puede provocar movimientos bruscos en algunas personas.
Más de 10 mA	Comienzan a manifestarse contracciones musculares y la tetanización de los músculos de las manos y los brazos, pudiendo dar lugar al fenómeno de agarrotamiento.
Más de 25 mA	Si el contacto persiste por más de 2 minutos y la corriente atraviesa la zona del corazón, existe la posibilidad de que se produzca una tetanización del músculo del pecho.
Entre 30 y 50 mA	La corriente que atraviesa el área cardíaca puede provocar fibrilación ventricular, lo cual puede resultar en un desenlace fatal.
Entre 2 y 3 A	Ocurre una detención de la respiración, acompañada de pérdida de conciencia y la aparición de signos visibles.
Superiores a los 3A	Se producen quemaduras severas e incluso la muerte.

- *Definición de los valores umbral*

Umbral de percepción: es la corriente eléctrica mínima que provoca alguna sensación en una persona cuando pasa a través de su cuerpo. La norma CEI 479-1 de 1994 establece un umbral de percepción de 0,5 amperios para corriente alterna y 2 miliamperios para corriente continua [21].

Umbral de reacción: es la menor cantidad de corriente eléctrica que induce una contracción muscular en una persona.

Umbral de no soltar: El umbral máximo de corriente eléctrica es el nivel que permite a una persona soltar dos electrodos que sostiene en sus manos. En corriente alterna se fija un límite de 10 miliamperios para el umbral de no soltar durante un período de 10 segundos.

Umbral de fibrilación cardíaca humana: Es el nivel mínimo de intensidad de corriente eléctrica capaz de inducir la fibrilación ventricular. Su magnitud está determinada por factores fisiológicos y de naturaleza eléctrica. El umbral para inducir fibrilación se sitúa entre 400-500 miliamperios con una duración de paso de corriente eléctrica menor a 100 milisegundos [21].

- *Intensidad de la descarga eléctrica*

La magnitud de la afectación causada por la corriente eléctrica al entrar en contacto con el cuerpo humano se determina según la cantidad de amperios y las condiciones en las que se encuentren las partes expuestas (ya sea en un entorno seco o mojado).

Estos factores están directamente vinculados a los efectos fisiológicos que pueden experimentar los trabajadores, ya que dependen de la cantidad de voltaje y la resistencia que presenta el cuerpo humano [32].

Tabla 4. Niveles de corriente y su incidencia en el cuerpo humano [32]

Corriente eléctrica	Efectos fisiológicos	Voltaje requerido para producir la corriente con una resistencia supuesta del cuerpo	
		100.000 ohmios (seco)	1.000 ohmios (mojado o húmedo)
Durante un segundo de contacto			
1 mA	Nivel de percepción. Una sensación leve de hormigueo	100 voltios (V)	1 voltios (V)
3 mA	Descarga dolorosa que puede causar accidentes indirectos	300 voltios (V)	3 voltios (V)
5 mA	Aceptado como el máximo nivel de corriente sin hacerle mucho daño	500 voltios (V)	5 voltios (V)
10-20 mA	Comienza la pérdida de control muscular (corriente paralizante - agarrotamiento)	1.000 voltios (V)	10 voltios (V)
30 mA	Parálisis de los pulmones, generalmente temporario	3.000 voltios (V)	30 voltios (V)
50 mA	Posibilidad de fibrilación ventricular (disfunción del corazón)	5.000 voltios (V)	50 voltios (V)
100-300 mA	Cierta fibrilación ventricular, con toda posibilidad de la muerte	10.000 voltios (V)	100 voltios (V)
4 A	Parálisis del corazón (cesa el ritmo cardíaco), inconsciencia y quemaduras graves	400.000 voltios (V)	400 voltios (V)
5 A	Quemaduras de la piel, fibrilación ventricular, parálisis respiratorio y muerte	500.000 voltios (V)	500 voltios (V)

En la Tabla 4, se evidencia la influencia de la corriente en el cuerpo humano, el cual sirve para identificar el efecto fisiológico que tiene el nivel de corriente en el cuerpo humano.

c. Duración del contacto

La norma UNE 20572 exhibe una representación gráfica de los efectos que puede tener en el cuerpo humano el paso de una corriente eléctrica con frecuencia entre 15 y 100 hertzios a través de un contacto entre la mano izquierda y los dos pies. En la Figura 19, se identifican áreas delimitadas por los umbrales, en base a la intensidad de la corriente eléctrica y el tiempo de exposición. Los efectos de la corriente variarán según el área donde se establezca el contacto:

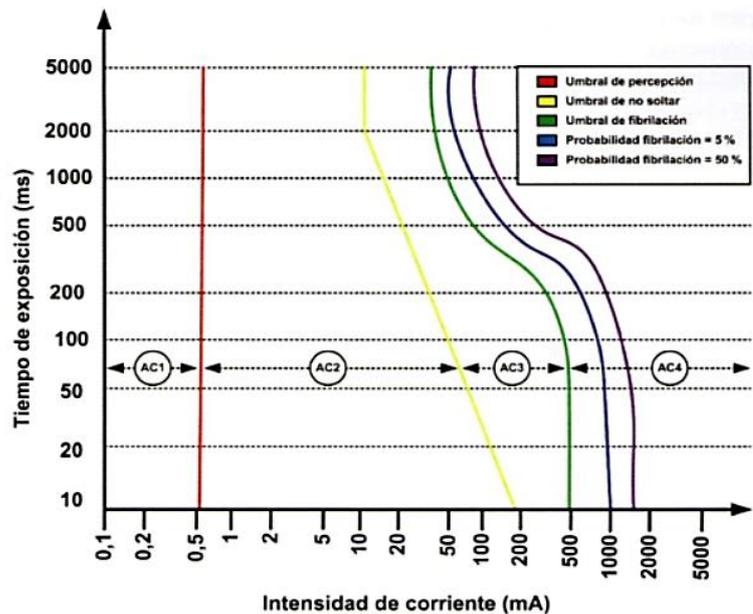


Figura 19. Efecto en el organismo de la corriente eléctrica

Zona AC1: cuando se encuentra dentro del umbral de percepción, no se observa ninguna reacción.

Zona AC2: esta zona se sitúa entre el umbral de percepción y el umbral de no soltar. Aquí se nota el paso de corriente eléctrica, pero generalmente no se experimenta ningún efecto fisiológico peligroso.

Zona AC3: esta área se encuentra entre las curvas del umbral de no soltar y el umbral de fibrilación. Si la exposición supera los 2 segundos, es posible experimentar contracciones musculares y dificultades respiratorias.

Zona AC4: esta zona abarca desde el umbral de fibrilación ventricular hacia abajo. Aquí existe un alto riesgo de fibrilación ventricular, paro cardíaco y quemaduras graves.

d. Recorrido a través del cuerpo

Otro de los factores que influyen en la gravedad de un accidente eléctrico es el trayecto que sigue la corriente eléctrica al atravesar el cuerpo, determinado por los puntos de entrada (mano o cabeza) y salida de la corriente (pies). Para un recorrido distinto, como el de mano izquierda – dos pies, se introduce el concepto del factor de corriente de corazón (F), que facilita la extrapolación de la interpretación a otros trayectos de la

corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para calcular la equivalencia del efecto provocado en el cuerpo cuando la intensidad atraviesa cualquier recorrido, simplemente se aplica la siguiente fórmula (Ecuación 4):

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F} \quad (4)$$

Donde, I_h es la intensidad que atraviesa el cuerpo por un trayecto en particular, I_{ref} , es el valor de referencia de la corriente en el trayecto mano izquierda-pies y F , es el factor de corriente del corazón.

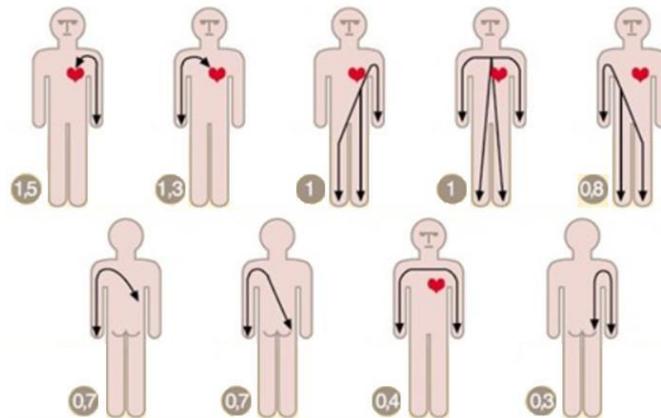


Figura 20. Factor de corriente de corazón "F" para diferentes trayectos de corriente

En la Tabla 5, se presenta el valor del factor de corriente de corazón con relación al trayecto de la corriente eléctrica.

Tabla 5. Factor de corriente de corazón en función de la trayectoria de la corriente

Trayectoria de la corriente	F
Pecho a mano izquierda	1,5
Pecho a mano derecha	1,3
Mano izquierda a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	1,0
Dos manos a los dos pies	1,0
Mano derecha a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a mano izquierda	0,7
Glúteos a mano izquierda	0,7
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Espalda a mano derecha	0,3

e. Impedancia del cuerpo humano

La oposición que el cuerpo humano presenta al paso de la corriente se denomina impedancia del cuerpo humano. Las diversas partes del cuerpo humano, como la piel, los músculos, la sangre, entre otros, presentan una impedancia ante la corriente

eléctrica que está compuesta por elementos resistivos y capacitivos [23]. Durante el paso de la electricidad la impedancia de nuestro cuerpo se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

En la Tabla 6 se muestra una relación de la resistencia promedio que presenta un individuo al paso de la corriente eléctrica en función del punto de entrada y de salida de la intensidad.

Tabla 6. Valor de la resistencia del cuerpo humano en función de los puntos de la trayectoria de la corriente [21]

Trayectoria	Piel mojada	Piel húmeda
Mano – mano	1000 Ω	650 Ω
Mano – pie	1000 Ω	650 Ω
Mano – 2 pies	750 Ω	487 Ω
2 manos – 2 pies	500 Ω	325 Ω
Pie – pie	1000 Ω	650 Ω
2 manos – pecho	250 Ω	162 Ω

Además, la Norma CEI-479 (Comité Eléctrico Internacional) proporciona valores más específicos teniendo en cuenta el estado de la piel, ya sea seca, húmeda, mojada o sumergida [21]. Estos valores se indican en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores de resistencia del cuerpo humano según norma CEI 479

Resistencia del cuerpo humano (CEI 479)				
Tensión de contacto	Resistencia del cuerpo humano Ω			
	Piel seca	Piel húmeda	Piel mojada	Piel sumergida
≤ 25	5.000	2.500	1.000	500
50	4.000	2.000	875	440
250	1.500	1.000	650	325
Valor asintótico	1.000	1.000	650	325

La impedancia interna formada entre el tronco y las extremidades del cuerpo puede considerarse principalmente resistiva, con la particularidad de que la resistencia de los brazos y las piernas es mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas, la impedancia interna del cuerpo hace que la impedancia de la piel sea prácticamente despreciable [23].

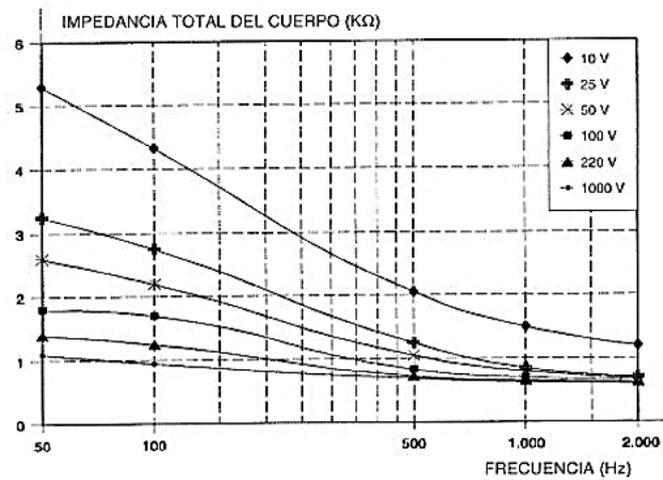


Figura 21. Gráfica de la impedancia total en función de la tensión y la frecuencia [23]

Se puede representar la impedancia total del cuerpo humano versus la tensión de contacto, como se muestra en la Figura 22.

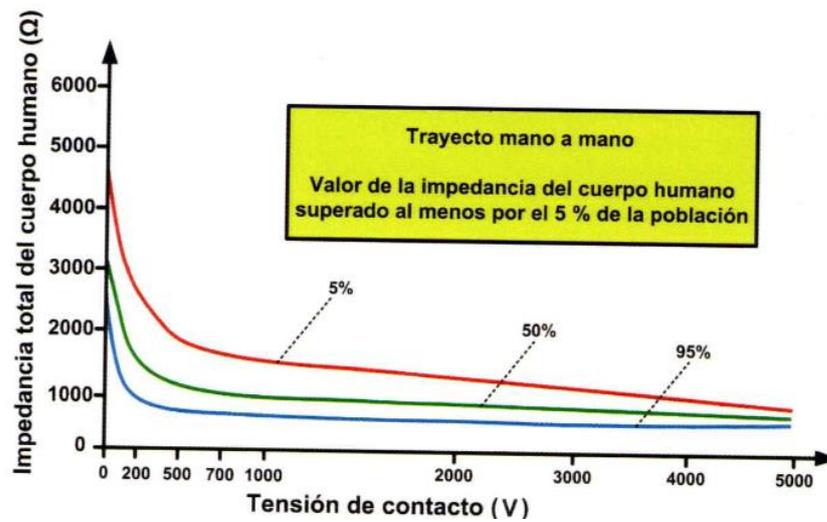


Figura 22. Impedancia total del cuerpo humano versus tensión de contacto

Las variaciones de la impedancia del cuerpo humano en función de la superficie de contacto se representan en la Figura 23. Donde se considera que la resistencia del cuerpo entre mano y pie es de 2.500 ohm.

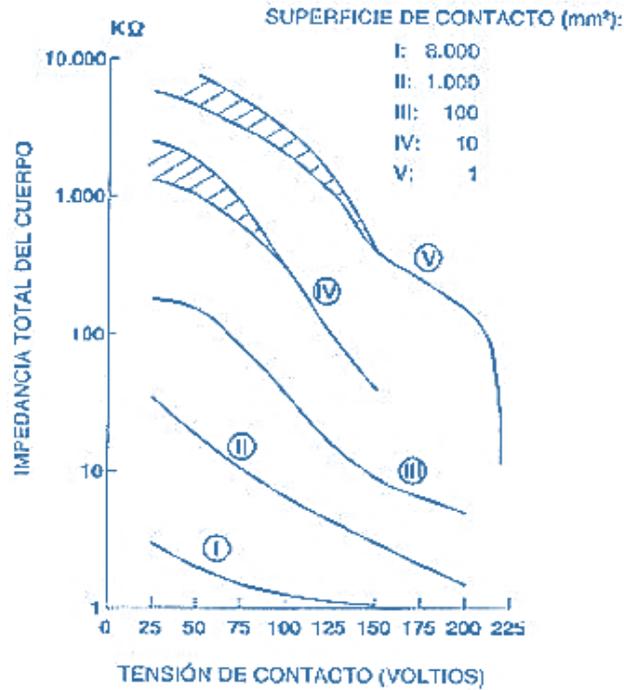


Figura 23. Gráfica de la impedancia del cuerpo en función de la superficie de contacto [23]

Cuando las tensiones de contacto alcanzan algunas decenas de voltios, la impedancia de la piel disminuye de manera proporcional al aumento de la frecuencia. Sin embargo, a frecuencias muy altas, el riesgo de fibrilación ventricular disminuye, pero los efectos térmicos siguen siendo predominantes [24].

1.3.6 Factores de riesgo eléctrico

Cada instalación eléctrica conlleva inherente un riesgo, y dado que resulta impracticable controlarlos todos de manera constante, se eligen ciertos factores que, al ser descuidados, provocan la mayoría de los accidentes. Una vez identificado el riesgo, es posible seleccionar las medidas preventivas pertinentes. En el Anexo G, se presentan algunos de los factores de riesgo eléctrico más frecuentes, sus posibles orígenes y algunas medidas de protección correspondientes, que son considerados por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013 [28]. En la Tabla 8 y

Tabla 9, se presenta la información relacionada con la categorización de accidentes por contacto con la energía eléctrica [31].

Tabla 8. Clasificación del accidente por contacto con electricidad [31]

Categorización de accidentes causados por contacto con la corriente eléctrica según la forma de producirse	
Tipo de clasificación	Clase de lesión / Trayectoria
Materialización del accidente	Paso de corriente, arco eléctrico
Trayectoria de la corriente al pasar por cuerpo humano	Paso transversal corazón: mano-mano, brazo-brazo, hombro-hombro Paso longitudinal por el corazón Mano – pies, hombro – rodilla, cabeza -pie Sin pasar por el corazón
Tipo de lesión	Quemaduras de 1º, 2º y 3º grado Marcas visibles de corriente Riesgo de conjuntivitis por exposición al arco eléctrico Lesiones secundarias en la persona

Tabla 9. Causas que generan el accidente eléctrico [31]

Categorización de accidentes causados por contacto con la corriente eléctrica según sus causas		
Tipo de causas		Especificación
Causas Humanas	Infracción de normas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de descarga - Falta de bloqueo - Aumento de la tensión sin comprobar - Falta de protección - Insuficiencia de limitación al área - No usar el EPP - Falla de puesta a tierra local
	Conducta incorrecta del accidentado	<ul style="list-style-type: none"> - Uso consciente de herramientas defectuosas - Distracción en el trabajo - Juegos, bromas - Errores en el procedimiento
	Conducta no apropiada de personas externas al área	<ul style="list-style-type: none"> - Revisiones incumplidas - Vigilancia incorrecta del programa preventivo - Falta de formación - Falta de uso de EPP
Causas Técnicas	Defectos en los elementos de servicio	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de aislamiento defectuosos en los conductores - Recubrimiento de enchufes defectuosos - Sistema de puesta a tierra bloqueada - Conductor de tierra se encuentra cambiado - Falla en aislamiento del material protector - Falta de tierra de protección
	Defectos en la instalación	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento inadecuado de protección - No presencia de identificación del circuito eléctrico - Esquema borroso y no legible del diagrama unifilar

A continuación, se describen algunas acciones y/o situaciones no seguras que pueden ocasionar accidentes relacionados con riesgos eléctricos:

a. Acciones inseguras

- Intervenir en una instalación eléctrica sin la debida autorización o sin ser un electricista calificado autorizado [30].
- No emplear las herramientas apropiadas, como las aisladas destinadas a labores eléctricas.
- Realizar acciones temerarias, como trabajar en circuitos activos o energizados.
- No utilizar equipos de protección personal.
- Emplear equipos y sistemas eléctricos dañados, como enchufes rotos o conductores sin aislamiento.
- Carecer de experiencia o conocimientos en la materia.
- Sobrecargar circuitos, lo que puede provocar recalentamiento y, en ocasiones, originar un incendio.
- Utilizar aparatos eléctricos con las manos húmedas o estando en contacto con agua.
- Limpiar o cambiar accesorios de un equipo o herramienta sin desconectarlo previamente.
- Mover una escalera metálica o cualquier objeto de gran longitud cerca de una línea eléctrica.
- No respetar las distancias de seguridad respecto a tendidos eléctricos existentes.

b. Condiciones inseguras

- Ausencia o mal funcionamiento de dispositivos de seguridad, como disyuntores termomagnéticos, protectores diferenciales y sistemas de tierra protectora [30].
- Descuido en el mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos.
- Enchufes en estado de deterioro.
- Conexiones defectuosas entre conductores o conductores sin aislamiento.
- Equipos en condiciones deficientes y dañados.
- Conexiones no autorizadas sin un tablero general.

- Tableros sobrecargados y carencia de enchufes que cumplan con los estándares.
- Instalaciones eléctricas que no cumplen con las regulaciones establecidas.
- Modificación de los sistemas de protección.

c. Formas de actuación humana y fallos vinculados

- ***Precursores de error***

Los antecedentes de error se presentan cuando las demandas de la tarea y el entorno sobrepasan las habilidades del individuo o las restricciones inherentes a la naturaleza humana [33]. Estos antecedentes pueden clasificarse en cuatro categorías generales.

1. Demandas de la tarea: Cuando los requisitos mentales, físicos o del equipo para llevar a cabo una tarea superan las capacidades o desafían las limitaciones del individuo asignado a esa tarea.
2. Entorno de trabajo: Cuando las influencias generales de las condiciones laborales, organizacionales y culturales afectan el desempeño individual.
3. Habilidades individuales: Cuando las características mentales, físicas y emocionales particulares del individuo no se alinean con los requerimientos de una tarea específica.
4. Aspectos inherentes a la naturaleza humana: Cuando las características, disposiciones y limitaciones comunes a todas las personas inclinan a un individuo a cometer errores en condiciones adversas.

- ***Herramientas de desempeño humano***

La aplicación de herramientas de mejora del rendimiento humano disminuye la posibilidad de cometer errores al abordar los factores que preceden a dichos errores. La adopción sistemática de estas herramientas por parte de una organización simplificará la integración de las mejores metodologías de trabajo. En la Tabla 10, se muestra ejemplos para cada categoría [33].

Tabla 10. Precusores de error y herramientas de desempeño humano [33]

Herramientas óptimas	
Precusores de error	Herramientas de desempeño humano
<p>Demandas de la tarea</p> <p>Presión de tiempo (de prisa) Alta carga de trabajo (requisitos de memoria) Tareas simultáneas o múltiples Acciones repetitivas o monotonía Pasos críticos o actos irreversibles Requerimientos de interpretación Objetivos, roles o responsabilidades poco claras Falta de estándares o son poco claros</p> <p>Ambiente de trabajo</p> <p>Distracciones/interrupciones Cambios/salidas de la rutina Pantallas o controles confusos Soluciones temporales/instrumentación fuera de servicio Suministros eléctricos o configuraciones oscuras Condiciones inesperadas del equipo Falta de indicación alternativa Conflictos de personalidad</p> <p>Capacidades Individuales</p> <p>No está familiarizado, o realiza la tarea por primera vez Falta de conocimiento (modelo mental defectuoso) Nueva técnica no utilizada antes Hábitos de comunicación imprecisos Falta de competencia o experiencia Habilidades indiferenciadas para la resolución de problemas Actitudes inseguras para la tarea crítica Valores inapropiados</p> <p>Naturaleza Humana</p> <p>Estrés (limita la atención) Patrones de hábitos Suposiciones Complacencia/exceso de confianza Mentalidad Percepción inexacta del riesgo Atajos mentales (sesgos) o memoria limitada a corto plazo</p>	<p>1. Sesión informativa previa al trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar los peligros, evaluar el riesgo y seleccionar e implementar los controles de riesgo a partir de una jerarquía de métodos. <p>2. Revisión del sitio de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumento de la conciencia situacional. <p>3. Revisión posterior al trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar las mejores prácticas y formas de mejorarlas ✓ Verificación de partes por pares <p>4. Uso del procedimiento y adherencia</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lectura del procedimiento paso a paso, resultado entendido. ✓ Encierre en un círculo la tarea que se va a realizar, marque cada tarea a medida que se completa. <p>5. Autocomprobación con verbalización</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Deténgase, piense, actúe y revise (STAR: Stop, Think, Act, Review) ✓ Verbalizar la intención antes, durante y después de cada tarea <p>6. Comunicación de tres vías</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las directivas son repetidas por el receptor en respuesta al emisor; el receptor es reconocido por el emisor. ✓ Uso del alfabeto fonético para mayor claridad. <p>7. Detener cuando no está seguro</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Deténgase y obtenga más instrucciones cuando no pueda seguir un procedimiento o proceso, o si ocurre algo inesperado. ✓ Mantener una actitud de cuestionamiento. <p>8. Indicación y bloqueo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar (con indicadores) el equipo y los controles que serán operados. ✓ Evitar acceso (bloqueo) a equipos y controles que no deberían ser operados

1.3.7 Técnicas de seguridad

Las medidas de seguridad empleadas para gestionar el riesgo pueden dividirse en dos categorías: informativas y de protección [31].

a. Medidas de seguridad informativas

Estas medidas de alguna manera evitan la presencia del riesgo y pueden ser de varios tipos:

- Normativas: implica establecer normas operativas específicas para cada tipo de trabajo.
- Instructivas: involucra la capacitación de los operarios que trabajan en entornos con riesgos eléctricos sobre el uso adecuado de los dispositivos y herramientas que manejan, así como la comprensión de la simbología y señalización.
- De señalización: implica la colocación de señales de prohibición, precaución o información en lugares estratégicos.
- De identificación y detección: consiste en la identificación y verificación de las tensiones en las instalaciones eléctricas antes de intervenir en ellas.

b. Métodos de seguridad para protección

Las técnicas de seguridad para protección tienen como objetivo resguardar al trabajador de posibles accidentes eléctricos, y se dividen en dos categorías: individuales y de la instalación [31].

Medidas Individuales: en este conjunto, se encuentran elementos tales como guantes aislantes, cascos aislantes, tarimas y alfombras aislantes, pértigas de maniobra y de salvamento, así como calzado aislante.

Medidas de la Instalación: estas medidas se subdividen en dos grupos:

a) Protección contra los contactos directos: se fundamentan en los siguientes principios:

- Establecimiento de disposiciones para evitar el paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
- Limitación de la corriente que pueda atravesar el cuerpo humano a una intensidad no peligrosa (<1 mA).

Dentro de esta categoría se incluyen:

- Separación por distancia o alejamiento de las partes activas.
- Introducción de obstáculos y barreras.
- Recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

b) Protección contra los contactos indirectos: en este conjunto, se pueden clasificar en dos sistemas: Sistemas de Clase A y Sistemas de Clase B, fundamentados en los siguientes principios:

Sistemas de Clase A:

- Establecimiento de disposiciones para evitar que la corriente atraviese el cuerpo humano.
- Limitación de la corriente de defecto que podría atravesar el cuerpo humano a una intensidad no peligrosa.

Sistemas de Clase B:

- Implementación de un corte automático en presencia de un defecto que pueda facilitar, en caso de contacto con las masas, el paso de una corriente considerada peligrosa a través del cuerpo humano.

Entre las medidas de protección de la Clase A se encuentran:

- Separación de circuitos.
- Utilización de tensiones de seguridad reducidas.
- Aislamiento protector mediante doble aislamiento entre partes activas y masas accesibles.
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

Dentro de las medidas de protección de la Clase B se incluyen:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto.
- Dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

c. Cinco reglas de oro

Los métodos y protocolos de trabajo empleados en instalaciones eléctricas o en su cercanía se determinan mediante la evaluación de riesgos, considerando las particularidades de las instalaciones, el trabajo en sí mismo y el entorno donde se llevará a cabo. Se sigue de manera obligatoria el cumplimiento de las conocidas "5 reglas de oro" para las labores de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT), como se describe en la Tabla 11.

Tabla 11. Las 5 reglas de oro para trabajar en instalaciones eléctricas [31]

Las "5 reglas de oro"	Tipo de instalación	
	Baja tensión ≤ 1.000 V	Alta tensión > 1.000 V
1. Desactivar todas las fuentes de energía	Obligatorio	Obligatorio
2. Inmovilizar o bloquear, en caso de ser factible, los dispositivos de desconexión	Obligatorio si es posible	Obligatorio si es posible
3. Verificar la inexistencia de tensión de manera efectiva	Obligatorio	Obligatorio
4. Realizar la puesta a tierra y poner en cortocircuito todas las fuentes de tensión posibles	Recomendable	Obligatorio
5. Establecer límites en el área de trabajo mediante señalización o barreras, pantallas aislantes	Recomendable	Obligatorio

d. Frontera de protección eléctrica

En la Figura 24, se muestra una representación de límites de seguridad. Estos límites actúan como barreras destinadas a evitar lesiones al trabajador y son esenciales para mantener la seguridad en entornos eléctricos.

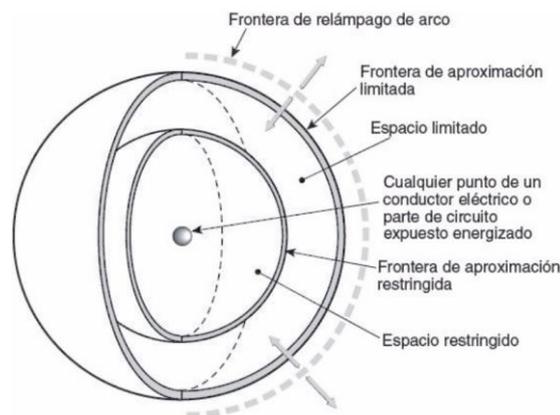


Figura 24. Fronteras de aproximación [33]

- ***Límites de seguridad contra impactos***

Se deben establecer fronteras de protección contra choques, conocidas como fronteras de aproximación limitada y fronteras de aproximación restringida, en áreas donde el personal que se acerca esté expuesto a conductores eléctricos o componentes energizados de los circuitos. Para determinar las distancias correspondientes a diferentes sistemas de voltaje de corriente alterna, se hace uso de la Tabla 12, mientras que la Tabla 13 se emplea para calcular las distancias relacionadas con varios sistemas de voltaje de corriente continua [33].

- ***Zona de aproximación limitada***

Trabajar en las proximidades de la zona de aproximación restringida: si uno o más individuos no capacitados están involucrados en actividades laborales en o cerca de la zona de aproximación restringida, la persona asignada responsable del área de trabajo con riesgo eléctrico debe informar a la persona no capacitada acerca de dicho riesgo y advertirle que se mantenga alejada de la zona de aproximación restringida [33].

- ***Límite de proximidad restringida***

Se prohíbe a cualquier persona no capacitada acercarse o manipular objetos conductores cerca de conductores eléctricos energizados expuestos o partes de circuitos, o más allá de los límites de proximidad restringida indicados en la Tabla 12 y Tabla 13, a menos que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

1. La persona capacitada se encuentra aislada o protegida de los conductores eléctricos mediante guantes aislantes. Los guantes y mangas aislantes se consideran aislantes únicamente con respecto a las partes energizadas sobre las cuales se está llevando a cabo el trabajo.
2. Los conductores eléctricos o partes de circuitos eléctricos energizados se encuentran aislados de la persona que ha sido capacitada.

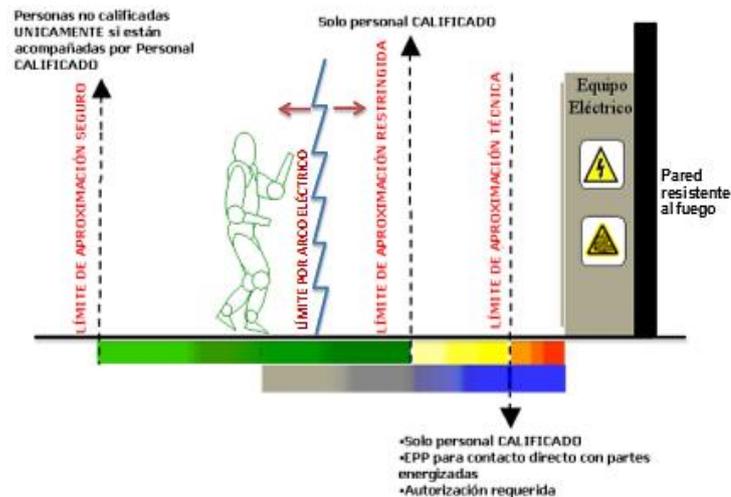


Figura 25. Límites de proximidad establecida para personas calificadas [34]

- **Límite de exposición al arco eléctrico**

La frontera de exposición al arco eléctrico se define como la distancia a la cual la energía incidente alcanza un valor de 1.2 cal/cm^2 o (5 J/cm^2) [33].

La formación de un arco eléctrico produce radiación térmica que puede alcanzar hasta los $20,000 \text{ }^\circ\text{C}$. Además, se caracteriza por un rápido aumento de la presión, llegando hasta 30 toneladas por metro cuadrado, con niveles de ruido superiores a 120 dB y la emisión de vapores metálicos tóxicos debido a la desintegración de productos. Como medida de protección contra el arco eléctrico para sistemas que superan los 50 voltios, se debe considerar la distancia a la cual la energía incidente alcanza los 5 J/cm^2 ($1,2 \text{ cal/cm}^2$) [34].

En la Tabla 12, se presentan los valores de proximidad a conductores eléctricos destinados a la prevención de descargas eléctricas en relación con sistemas de corriente alterna.

Tabla 12. Fronteras de aproximación a conductores eléctricos para sistemas de corriente alterna [33]

(1) Rango de tensión nominal del sistema, fase a fase ^a	(2) Frontera de aproximación limitada ^b		(4) Frontera de aproximación restringida ^b ; incluye el agregado de movimientos involuntarios
	Conductor móvil expuesto ^c	Parte de circuito fijo expuesto	
<50 V	No especificado	No especificado	No especificado
50 V–300 V	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	Evitar Contacto
301 V–750 V	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	0.3 m (1 pies 0 pulg.)
751 V–15 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.5 m (5 pies 0 pulg.)	0.7 m (2 pies 2 pulg.)
15.1 kV–36 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.8 m (6 pies 0 pulg.)	0.8 m (2 pies 7 pulg.)
36.1 kV–46 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	0.8 m (2 pies 9 pulg.)
46.1 kV–72.5 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 3 pulg.)
72.6 kV–121 kV	3.3 m (10 pies 8 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 4 pulg.)
138 kV–145 kV	3.4 m (11 pies 0 pulg.)	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.2 m (3 pies 10 pulg.)
161 kV–169 kV	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	1.3 m (4 pies 3 pulg.)
230 kV–242 kV	4.0 m (13 pies 0 pulg.)	4.0 m (13 pies 0 pulg.)	1.7 m (5 pies 8 pulg.)
345 kV–362 kV	4.7 m (15 pies 4 pulg.)	4.7 m (15 pies 4 pulg.)	2.8 m (9 pies 2 pulg.)
500 kV–550 kV	5.8 m (19 pies 0 pulg.)	5.8 m (19 pies 0 pulg.)	3.6 m (11 pies 10 pulg.)
765 kV–800 kV	7.2 m (23 pies 9 pulg.)	7.2 m (23 pies 9 pulg.)	4.9 m (15 pies 11 pulg.)

En la Tabla 13, se presentan los valores de proximidad a conductores eléctricos destinados a la prevención de descargas eléctricas en relación con sistemas de corriente alterna.

Tabla 13. Fronteras de aproximación a conductores eléctricos para sistemas de corriente directa [33]

(1) Diferencia del potencial nominal	(2) Frontera de aproximación limitada		(4) Frontera de aproximación restringida ^b ; incluye el agregado de movimientos involuntarios
	Conductor móvil expuesto ^b	Parte de circuito fija expuesta	
<100 V	No especificado	No especificado	No especificado
100 V–300 V	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	Evitar contacto
301 V–1 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	0.3 m (1 pies 0 pulg.)
1.1 kV–5 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.5 m (5 pies 0 pulg.)	0.5 m (1 pies 5 pulg.)
5 kV–15 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.5 m (5 pies 0 pulg.)	0.7 m (2 pies 2 pulg.)
15.1 kV–45 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	0.8 m (2 pies 9 pulg.)
45.1 kV– 75 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 2 pulg.)
75.1 kV–150 kV	3.3 m (10 pies 8 pulg.)	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.2 m (4 pies 0 pulg.)
150.1 kV–250 kV	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	1.6 m (5 pies 3 pulg.)
250.1 kV–500 kV	6.0 m (20 pies 0 pulg.)	6.0 m (20 pies 0 pulg.)	3.5 m (11 pies 6 pulg.)
500.1 kV–800 kV	8.0 m (26 pies 0 pulg.)	8.0 m (26 pies 0 pulg.)	5.0 m (16 pies 5 pulg.)

Preparación para la proximidad: mantener una distancia segura de los conductores o partes de circuitos eléctricos energizados expuestos es una medida efectiva para garantizar la seguridad eléctrica [33].

- Personas no capacitadas, límite de proximidad seguro: las personas no capacitadas se encuentran seguras al mantener una distancia respecto a los conductores y partes de circuitos energizados expuestos. Esta distancia segura de aproximación se define como el límite de proximidad.

- Individuo cualificado: límite seguro de acercamiento. Para que alguien cruce el límite de proximidad y acceda al espacio restringido, es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:
- Poseer las habilidades necesarias para realizar la tarea o trabajo.
- Demostrar la capacidad de reconocer los peligros y riesgos asociados con la tarea que está llevando a cabo.

Para atravesar la frontera restringida de aproximación y acceder al espacio limitado, los individuos capacitados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- En caso de ser aplicable, contar con un permiso de trabajo eléctrico energizado otorgado por la dirección.
- Emplear equipo de protección personal (EPP) con una resistencia adecuada para los niveles de tensión y energía involucrados.
- Reducir al mínimo la posibilidad de contacto corporal con conductores y partes de circuitos energizados expuestos, evitando movimientos involuntarios y manteniendo la mayor parte del cuerpo fuera del espacio restringido. Se deben utilizar solo las partes del cuerpo protegidas necesarias para llevar a cabo la tarea.
- Hacer uso de equipos de protección eléctrica y herramientas con material aislante.

1.3.8 Fundamento legal

La seguridad y bienestar de los trabajadores en Ecuador cuentan con respaldo legal mediante diversas normativas, decretos, resoluciones, convenios y reglamentos emitidos para proteger los derechos laborales. Estas disposiciones tienen como objetivo establecer las obligaciones y responsabilidades de los empleadores en el ámbito de Salud y Seguridad Ocupacional.

a. Constitución de la república del Ecuador

La Constitución de Ecuador, en su Título II "Derechos", Capítulo Primero, Artículo 33, asegura a los trabajadores el derecho a desempeñar un empleo en condiciones

saludables, respaldado por la normativa legal en vigor. Asimismo, en el Título VI "Régimen de Desarrollo", Capítulo Sexto, Artículo 326, Numeral 5, establece que "Toda persona tiene el derecho de realizar sus labores en un entorno adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar".

Artículo 425: la jerarquía de aplicación de las normas seguirá el siguiente orden: la Constitución; los tratados y acuerdos internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y otros actos y decisiones de los poderes públicos.

Según los tres principales niveles en los que se organizan las normas según el enfoque de Kelsen, se ilustra en la Figura 26 la implementación de los niveles jerárquicos de las normas en Ecuador.



Figura 26. Aplicación de la jerarquía normativa de Kelsen en la Legislación Ecuatoriana [35]

b. Código de Trabajo

El Código de Trabajo de Ecuador fue promulgado con el objetivo de regular las interacciones entre empleadores y trabajadores, sirviendo como el marco normativo que guía la actividad laboral en el país. Este código se fundamenta en las disposiciones establecidas en la Constitución Política de la República.

Dentro del Título I, "Del contrato Individual de Trabajo", y más específicamente en el Capítulo IV, "De las Obligaciones del Empleador y del Trabajador", se encuentra el

Artículo 42, "Obligaciones del empleador". En su numeral 2, se establece que el empleador tiene la responsabilidad de proporcionar al trabajador un lugar de trabajo conforme a las medidas de prevención, seguridad e higiene laboral, considerando también facilitar el desplazamiento adecuado de personas con discapacidad. En el numeral 3, se establece la obligación del empleador de indemnizar a los trabajadores por los accidentes ocurridos en el trabajo y por las enfermedades profesionales.

Asimismo, según el numeral 8, el empleador debe suministrar de manera oportuna a los trabajadores los elementos esenciales para llevar a cabo sus labores en condiciones seguras y adecuadas. Dentro del Capítulo IV, "De las Obligaciones del Empleador y del Trabajador", se encuentra el Artículo 45, "Obligaciones del trabajador". En su apartado b, se establece que es responsabilidad del trabajador devolver al empleador los materiales no utilizados y mantener en buen estado los instrumentos y utensilios de trabajo.

En el Título IV, "De los riesgos del trabajo", dentro del Capítulo I, "Determinación de los riesgos y de la responsabilidad del empleador", se aborda la identificación de lo que se entiende como Riesgo del trabajo, Accidente de Trabajo y Enfermedades profesionales, junto con las compensaciones correspondientes al trabajador.

En el Capítulo II, "De los accidentes", el Artículo 359 establece las condiciones que darán lugar al pago de indemnizaciones en situaciones de fallecimiento, incapacidad permanente y absoluta para cualquier tipo de trabajo, reducción permanente de la capacidad laboral, así como la incapacidad temporal.

En el Capítulo V, titulado "De la prevención de los riesgos, de las medidas de seguridad e higiene, de los puestos de auxilio, y de la disminución de la capacidad para el trabajo" del código, se detallan las obligaciones relacionadas con la prevención de riesgos, junto con los principios que deben considerarse en materia de seguridad e higiene.

c. Decreto 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y el mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo

Este reglamento se extiende a todas las operaciones laborales con el propósito de prevenir, reducir o eliminar los riesgos laborales y mejorar las condiciones del entorno de trabajo. Funciona como el manual interno que establece normas de seguridad e higiene industrial.

d. Resolución 741. Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo

Este reglamento fue publicado en el Registro Oficial No. 427 el 30 de abril de 1986, como parte del compromiso del IESS de modernizar el sistema de calificación, evaluación e indemnización de accidentes laborales y enfermedades profesionales. En sus disposiciones se abordan los distintos agentes causantes de enfermedades profesionales y accidentes laborales. Además, se detallan los derechos de los trabajadores, tanto del sector público como del privado, en cuanto a las prestaciones del seguro de riesgos del trabajo. Asimismo, regula la obligación de los empleadores de informar sobre los accidentes laborales sufridos por sus trabajadores.

e. Resolución 957. Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

La Resolución 957, un Instrumento Andino, aborda la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, dividiendo dicha gestión en los aspectos de administración, técnica, talento humano y procesos operativos básicos. Además, regula aspectos relacionados con la salud y seguridad de los trabajadores, establece la creación del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, y dispone medidas de protección para los trabajadores, incluyendo revisiones médicas.

f. Resolución 148. Reglamento de Responsabilidad Patronal

A través del Registro Oficial N.º 13, emitido el 1 de febrero de 2007, se implementa la Resolución 148 con el propósito de mejorar los procedimientos relacionados con el establecimiento, cálculo y recaudación de la responsabilidad patronal.

g. Resolución 021. Reglamento de Orgánico Funcional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

En la tercera sección de este reglamento, se aborda la temática de la Dirección del Seguro General de Riesgos de Trabajo, detallando su competencia, responsabilidades y su relación jerárquica con la dirección del Seguro General de Riesgos del Trabajo, la subdirección de Prevención de Riesgos del Trabajo y la Subdirección de Contabilidad y Control Presupuestario.

h. Resolución 172. Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo

La Resolución 172 se creó con el propósito de establecer pautas relacionadas con la Seguridad e Higiene en el Trabajo. Sus objetivos principales incluyen la prevención de riesgos laborales, tanto en accidentes como en enfermedades profesionales, y servir como orientación para que los empleadores elaboren el Reglamento Interno de Seguridad e Higiene en sus respectivas empresas.

En el Título Primero de este reglamento se detallan los criterios generales de los lugares de trabajo que tienen un impacto directo o indirecto en la salud de los trabajadores. El Título Segundo aborda temas relacionados con la seguridad en el trabajo, considerando aspectos como la protección de maquinaria, equipos y herramientas de trabajo. El Título Cuarto se centra en la organización de la prevención de riesgos, tratando la creación de comités de seguridad e higiene industrial y los departamentos de seguridad.

i. Resolución No. C.D. 513.

Artículo 53. Principios de la prevención de riesgos laborales: en el ámbito de los riesgos laborales, la acción preventiva se basa en los siguientes principios:

1. Planificación integral para la prevención, incorporando aspectos técnicos, la organización laboral, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la consideración de los factores ambientales.
2. Identificación de peligros, medición, evaluación y control de riesgos en los entornos laborales.

j. Decisión 584. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

La Resolución 584 fue aprobada para reemplazar la Decisión 547 con el objetivo de establecer normas esenciales en seguridad y salud laboral. Su propósito principal es proporcionar una base para la armonización de leyes y reglamentos que regulen las circunstancias específicas de las actividades laborales en cada uno de los países andinos. Se abordan cuestiones como la política de prevención de riesgos laborales, la gestión de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, así como las obligaciones y derechos de los trabajadores.

k. Convenio 121 de la OIT Convenio relativo a las prestaciones en caso de Accidentes de trabajo y Enfermedades Profesionales

El Acuerdo sobre indemnizaciones por accidentes laborales y enfermedades profesionales fue adoptado en Ginebra por el Consejo de Administración de la Oficina Internacional del Trabajo en 1964. Cada país miembro de este convenio está obligado a elaborar un catálogo de enfermedades, incorporar en su legislación una definición general de las enfermedades profesionales y establecer una lista específica de dichas enfermedades.

1.3.9 Generación de la energía eléctrica

La producción de energía eléctrica en los Sistemas Eléctricos de Potencia implica la conversión de diversas formas de energía, como química, mecánica, térmica o luminosa, en energía eléctrica. En el contexto de la generación industrial de energía eléctrica, se emplean instalaciones conocidas como centrales eléctricas. Estas centrales llevan a cabo alguna de estas transformaciones y representan la fase inicial del sistema de suministro eléctrico [36].

a. Centrales hidroeléctricas

Una planta de energía hidroeléctrica se emplea para generar electricidad aprovechando la energía potencial del agua almacenada en un embalse que se ubica a mayor altura que la central generadora. El agua es transportada a la sala de máquinas de la planta a través de una tubería de descarga, y allí, mediante turbinas hidráulicas de gran tamaño, se lleva a cabo la generación de energía eléctrica en los generadores [36].

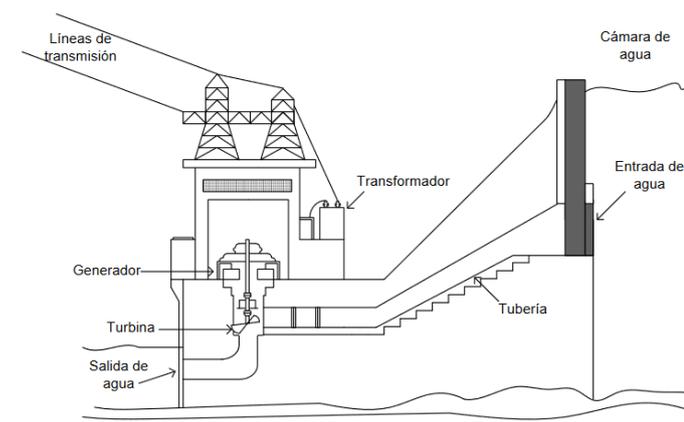


Figura 27. Boceto de una central hidroeléctrica [36]

b. Transmisión y distribución de la energía

La electricidad se transporta a largas distancias desde las plantas generadoras hasta los centros de distribución y consumidores a través de líneas de transmisión de alta tensión. Los sistemas eléctricos de potencia se componen de seis elementos principales, que son: la central eléctrica, los transformadores que elevan la tensión generada a niveles altos para las líneas de transmisión, las propias líneas de transmisión, las subestaciones donde la tensión se reduce para adaptarse a las líneas de distribución, las líneas de distribución y los transformadores que disminuyen la tensión al valor utilizado por los consumidores [36].

En la Figura 28, se presenta un esquema unifilar que ilustra la disposición de la distribución de energía desde las centrales de generación hasta llegar al usuario final.

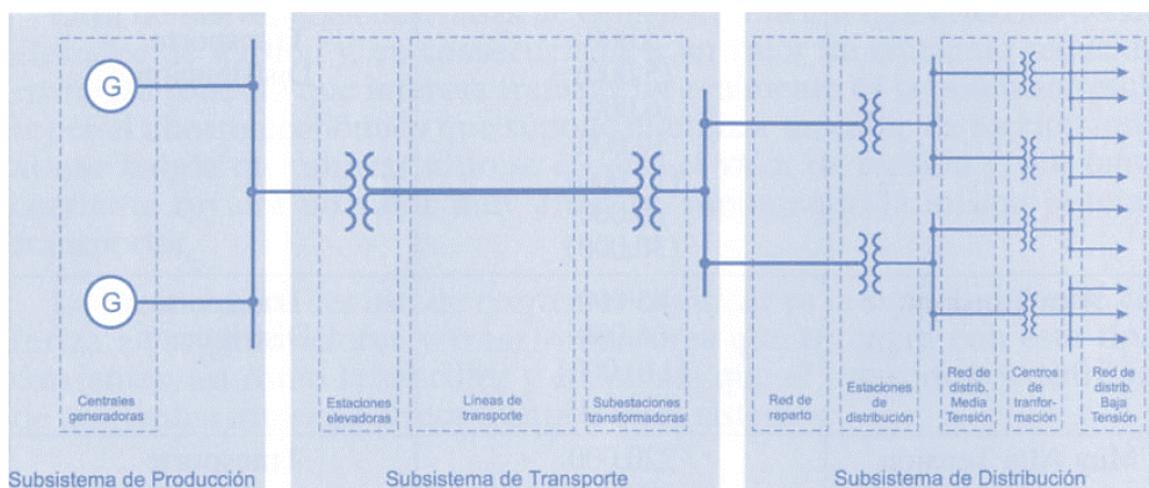


Figura 28. Diagrama unifilar de un sistema eléctrico [37]

La fase de transformación constituye un proceso en el cual, mediante el empleo de subestaciones eléctricas, se modifican las propiedades de la electricidad, como la tensión y la corriente, con el propósito de facilitar su transmisión y distribución [37].

En cuanto a la distribución, esta se realiza a través de una red compuesta por líneas de subtransmisión con niveles de tensión de 138, 115, 85 y 69 kilovoltios (kV), así como líneas de distribución con niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV.

c. El Transformador

Un transformador es un dispositivo eléctrico que, a través de la inducción electromagnética, transfiere energía eléctrica, generalmente modificando los valores de tensión y corriente eléctrica, manteniendo la frecuencia del sistema. Cuando un transformador recibe y devuelve la energía a una tensión más alta, se le conoce como transformador elevador, mientras que, si la devuelve a una tensión más baja, se le denomina transformador reductor [37].

Los transformadores eléctricos son dispositivos fundamentales en la generación, distribución y transmisión de energía eléctrica. Son responsables de modificar los niveles de tensión para adaptarlos a las necesidades de diferentes aplicaciones. Estos principios se basan en la inducción electromagnética, donde la interacción de los campos magnéticos entre los bobinados primarios y secundarios permite la transferencia eficiente de energía eléctrica [36]. La eficiencia de los transformadores está en el rango del 95% al 99%.

- ***Clasificación de los transformadores***

Dependiendo de su aplicación específica, se designan como transformadores de potencia o de distribución. Los transformadores de distribución son los más comunes debido a su capacidad reducida y a su ubicación como el último punto entre la distribución y la carga. La clasificación de los transformadores se realiza de la siguiente manera:

Por su funcionamiento

Se clasifican en función de la energía o potencia que manejan.

- Los transformadores de distribución abarcan capacidades de 5 a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 kV. Los transformadores trifásicos, por ejemplo, se utilizan en sistemas de potencia de mayor escala, como la distribución de energía eléctrica en áreas residenciales, comerciales e industriales [37].



Figura 29. Transformador de distribución monofásico [38]

- Mientras que los transformadores de potencia incluyen capacidades superiores a 500 kVA.



Figura 30. Transformador trifásico de potencia [39]

Según el número de fases

Las características del sistema en el que operan se dividen en:

1. Monofásicos (1ϕ): Estos transformadores se conectan a una línea o fase junto con el neutro o tierra. es una máquina eléctrica capaz de transformar el voltaje de red de alta tensión que puede ser de 13200 o 7630 V en voltajes de 120 a 240 V [37]. Estos transformadores monofásicos lo podemos encontrar en

voltajes de 25,15 y 10 Kv. Tienen un solo devanado de alta tensión y otro de baja tensión, como se ilustra en la Figura 31.

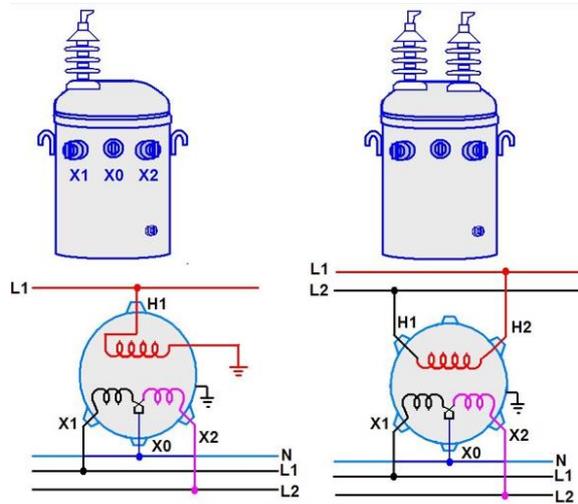


Figura 31. Diagrama de conexión a red para un transformador monofásico [40]

2. Trifásicos (3ϕ): Se conectan a tres líneas o fases y pueden estar vinculados a un neutro o tierra [37]. Poseen tres devanados de alta tensión y tres de baja tensión, según se muestra en la Figura 32 y Figura 33.

En su red de distribución, la Empresa Eléctrica utiliza tanto transformadores monofásicos como trifásicos. Para la conexión de los transformadores trifásicos, la empresa emplea una alimentación primaria en media tensión de 13,800 voltios, conectada a los bushings de media tensión. Esto resulta en valores de voltaje transformado de 120/220/240 voltios en los bushings de baja tensión. Este enfoque se implementa de manera consistente en todos los transformadores de distribución, independientemente de la marca o capacidad.

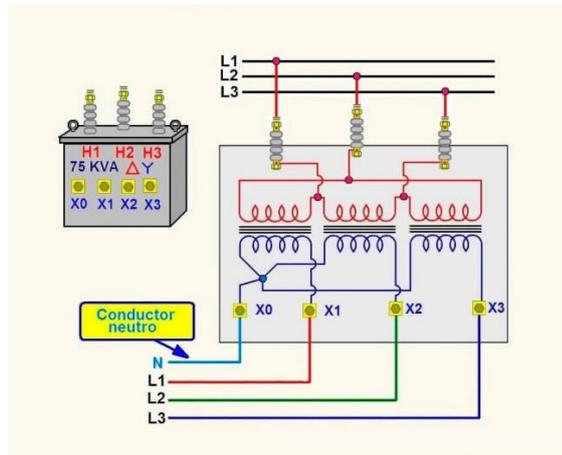


Figura 32. Diagrama de conexión a red para un transformador trifásico [41]

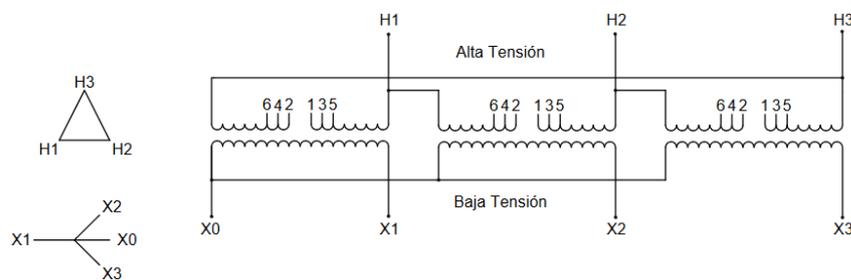


Figura 33. Diagrama eléctrico de un transformador trifásico [37]

Por su utilización

En función de su aplicación específica, se dividen en las siguientes categorías:

1. **Transformadores para generador:** estos se conectan después del generador y suministran energía a la línea de transmisión.
2. **Transformadores de subestación:** se conectan en el extremo de la línea de transmisión y tienen la tarea de reducir la tensión para su subtransmisión.
3. **Transformadores de distribución:** su función principal es disminuir la tensión de subtransmisión a niveles aptos para el consumo.
4. **Transformadores de instrumento:** en esta categoría se encuentran los transformadores de potencial (TP) y de corriente (TC), los cuales suministran tensión y corriente a los equipos de medición, protección y control.

Según la configuración de su núcleo: se clasifican en:

1. **Transformadores Acorazados:** El núcleo rodea tanto los devanados de baja como de alta tensión.

2. **Transformadores de Columna:** Las bobinas abarcan una parte significativa del circuito magnético.

Según su ubicación: pueden ser de tipo poste, tipo pedestal, tipo subestación o tipo sumergible.

En relación con su condición de servicio: se distinguen entre aquellos diseñados para interiores y los destinados a exteriores.

d. Principio de funcionamiento

El funcionamiento del transformador se fundamenta en la interacción entre fenómenos eléctricos y magnéticos, y no incorpora componentes en movimiento. La transferencia de energía eléctrica se realiza mediante inducción electromagnética entre bobinados que se encuentran en el mismo circuito magnético. La bobina P, que recibe la energía, se denomina primaria, mientras que la bobina S, que suministra energía, se denomina secundaria [37].

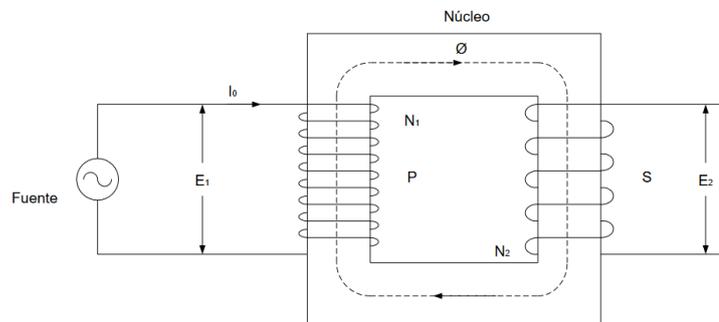


Figura 34. Circuito monofásico con el devanado secundario en circuito abierto [37]

Las fuerzas electromotrices (f.e.m) se generan debido a cambios en el flujo magnético. Una fuente suministra corriente alterna al bobinado primario P, que, al estar montado en el núcleo, su fuerza magneto motriz produce un flujo magnético alternante \emptyset . Las espiras del bobinado secundario S rodean este flujo, y como es alternante, induce en ellas una f.e.m con la misma frecuencia que el flujo. Gracias a esta f.e.m inducida, el bobinado secundario S puede suministrar corriente y energía eléctrica. De esta manera, la energía se transfiere del primario al secundario a través del flujo magnético [37].

e. Partes de un transformador

Las componentes de un transformador se agrupan en cuatro categorías principales, las cuales son:

- ***Circuito magnético***

La sección del transformador conocida como circuito magnético también se denomina núcleo. En esta región del transformador, se guía el flujo magnético generado en las bobinas, el cual magnéticamente vinculará los circuitos eléctricos del transformador. El núcleo está compuesto por láminas de acero al silicio de grano orientado, caracterizadas por bajas pérdidas y alta permeabilidad magnética [37].

- ***Circuito eléctrico***

Compuesto por los devanados primarios y secundarios, estos se elaboran utilizando cobre o aluminio, recubriéndolos con papel o barniz, lo cual depende si el transformador es seco o sumergido en aceite, así como de la tensión de operación y la potencia. La función principal de los enrollados es generar un flujo magnético en el primario y, mediante la inducción electromagnética, originar una fuerza electromotriz (f.e.m) en el secundario. Este proceso conlleva pérdidas mínimas de energía, principalmente debido al efecto Joule.

- ***Sistema de aislamiento***

Cada transformador cuenta con materiales aislantes que constituyen su sistema de aislamiento, y la cantidad de estos aislantes se incrementa conforme aumenta la capacidad del transformador. El sistema de aislamiento está conformado por diversos materiales aislantes, que incluyen:

- Cartón prensado, papel Kraft, papel manilo o corrugado, y cartón prensado de alta densidad.
- Collares de cartón prensado y aislamientos finales, partes de cartón prensado laminado.
- Esmaltes y barnices, que son recubrimientos orgánicos e inorgánicos utilizados para la laminación del núcleo.

- Porcelanas (boquillas) y recubrimientos de polvo epóxico.
- Madera de maple y fibra vulcanizada.
- Algodón, hilos, plásticos y cementos, junto con telas y cintas adhesivas, incluyendo cintas de fibra de vidrio.
- Fluido líquido dieléctrico, que puede ser aceite mineral o aceite de silicona.

Este sistema tiene la función de aislar eléctricamente los devanados, el núcleo y las partes de acero que constituyen la estructura del transformador. El aceite mineral, por otro lado, aporta rigidez dieléctrica, facilita un enfriamiento eficaz y protege los demás materiales aislantes [37].

El sistema de aislamiento sólido realiza las siguientes funciones:

1. Capacidad para resistir tensiones relativamente altas (esfuerzos dieléctricos).
2. Capacidad para resistir esfuerzos mecánicos y térmicos (calor).
3. Capacidad para prevenir acumulaciones excesivas de calor (transmisión de calor).

- ***Tanque y accesorios***

La función del tanque es almacenar y proteger tanto al aceite dieléctrico como al conjunto núcleo bobinas. A continuación, en la Tabla 14, se detallan las partes principales y los accesorios de un transformador, utilizando como ejemplo un transformador trifásico de distribución tipo subestación (15 a 150 kVA), con conexión delta en el primario y estrella en el secundario (Figura 35), fabricado por la empresa ECUATRAN.

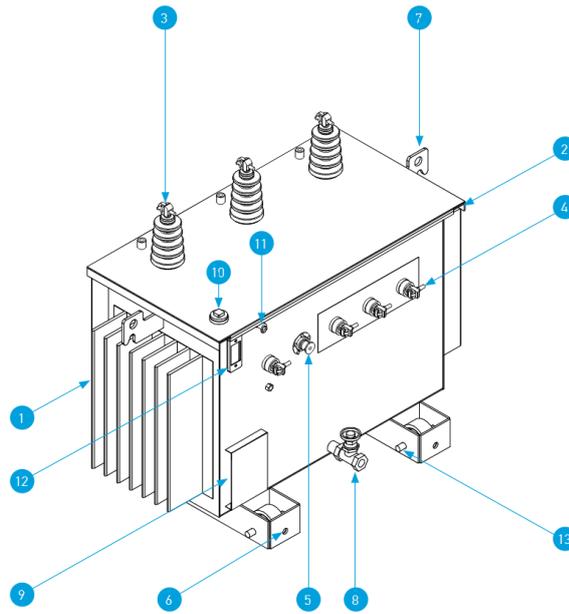


Figura 35. Partes de un transformador trifásico [42]

Tabla 14. Descripción general de las partes de un transformador de distribución trifásico

Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Cuba del transformador
2	1	Tapa empernada
3	3	Pasatapas de media tensión
4	4	Pasatapas de baja tensión
5	1	Cambiador de derivaciones de 5 posiciones
6	2	Chasis
7	2	Soporte de izado
8	1	Válvula de descarga
9	1	Placa de características
10	1	Tapón de llenado
11	1	Válvula de sobrepresión
12	1	Nivel de aceite
13	2	Conectores a tierra

Mientras que, en la Tabla 15, se detallan las partes principales y los accesorios de un transformador, utilizando como ejemplo un transformador monofásico de distribución tipo subestación (3 a 50 kVA), con cantidad de aisladores en media tensión dependiendo del sistema (Figura 36), fabricado por la misma empresa.

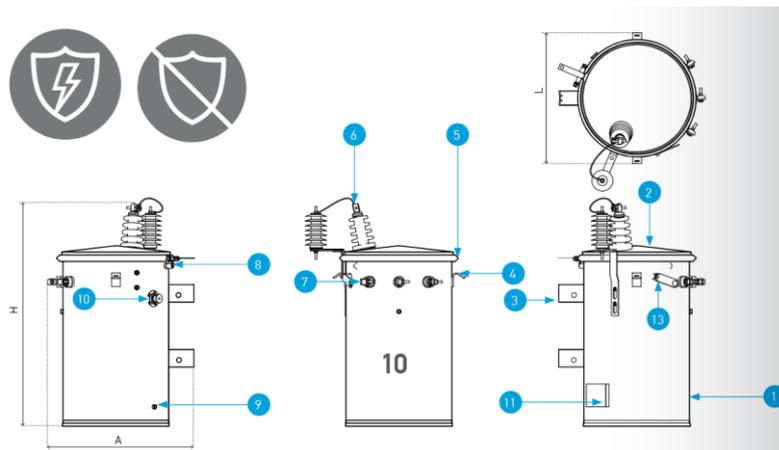


Figura 36. Partes de un transformador monofásico [42]

Tabla 15. Descripción general de las partes de un transformador de distribución monofásico

Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Cuba del transformador
2	1	Tapa
3	2	Soportes de montaje
4	2	Soportes de izado
5	1	Banda de cierre
6	1	Pasatapas de media tensión
7	3	Pasatapas de baja tensión
8	1	Válvula de sobrepresión
9	2	Conectores a tierra
10	1	Cambiador de derivaciones
11	1	Placa de características
12	1	Pararrayo
13	1	Interruptor termomagnético

- Placa: se encuentran las características técnicas del transformador, se encuentra el diagrama de la conexión interna y los rangos de voltajes que admite.

1.3.10 Metodología para identificación de peligros y evaluación de riesgos

Resolución Ministerial N° 050-2013TR: La identificación de riesgos implica observar, identificar y analizar los peligros o factores de riesgo asociados a diversos aspectos del trabajo, el entorno laboral, las instalaciones, la estructura, así como a los equipos de trabajo, incluyendo maquinaria y herramientas [43].

Hay diversas metodologías disponibles para llevar a cabo el análisis y la evaluación de riesgos, entre las cuales se encuentran algunas.

Métodos Cualitativos: su propósito es determinar la identificación de los riesgos desde su origen, así como la estructura y/o secuencia con la que se manifiestan al transformarse en accidentes. Entre ellos se encuentran herramientas como: el Histórico de Riesgos, análisis preliminar de riesgos, análisis: ¿Qué Pasa Sí?, listas de comprobación.

Métodos Cuantitativos: desarrollo anticipado del incidente desde su inicio (debido a fallas en equipos y operaciones) hasta la determinación de la variación del riesgo (R) en relación con la distancia. Además, se detalla la especificación de dicha variación, estableciendo valores concretos del riesgo para los individuos afectados (residentes, viviendas, otras instalaciones) ubicados a distancias específicas. Ejemplos de estas herramientas de análisis cuantitativo: mediante árboles de fallos, mediante árboles de sucesos y a través de causas y consecuencias [43].

Método Comparativo: se fundamenta en la experiencia previa acumulada en un ámbito específico, ya sea como historial de accidentes anteriores o compilada en forma de códigos o listas de verificación.

Métodos Generalizados: ofrecen estructuras de razonamiento aplicables en principio a cualquier situación, lo que los hace análisis versátiles y muy útiles.

A continuación, se presenta el modelo de método generalizado IPERC que pueden servir como referencia para el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

a. Desarrollo de la Metodología

- ***Identificación de peligros***

Para llevar a cabo la identificación de riesgos, inicialmente se requiere compilar una lista de todos los roles dentro de la organización, utilizando la descripción y el análisis de cada puesto como referencia. En segundo lugar, es esencial contar con la descripción de los procesos productivos de la entidad. Para cada puesto de trabajo, se

debe recopilar información que facilite la identificación de los procesos productivos, así como de las actividades y tareas asociadas.

Además, para llevar a cabo la identificación de peligros, es útil preguntarse lo siguiente:

- ✓ ¿Existe una fuente de daño?
- ✓ ¿Quién (o qué) puede ser dañado?
- ✓ ¿Cómo puede ocurrir el daño?

Durante esta fase, es esencial identificar los riesgos vinculados a cada una de las labores que componen las actividades asociadas a cada puesto de trabajo. Reconociendo la importancia de este proceso, se lleva a cabo en consulta con los empleados que desempeñan cada función, utilizando evaluaciones, entrevistas u observaciones según sea necesario. A continuación, se describen dos etapas adicionales:

- a) Para llevar a cabo el mapeo de procesos, se deben tener en cuenta los procesos, las actividades, las tareas y el rol laboral.
- b) En esta fase, es necesario identificar los riesgos asociados con cada tarea, seguido de la identificación de los riesgos correspondientes a cada peligro identificado.

- ***Evaluación de riesgos***

En esta etapa, se evalúa y valora los riesgos de cada peligro detectado, para lo cual, se puede optar por el método IPERC de estudio para el análisis y evaluación de riesgos dispuesta en el anexo 3 de la Resolución Ministerial N.º 050-2013-TR.

La Matriz IPERC, que corresponde a la Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control, se configura como una herramienta de gestión que posibilita la identificación de peligros y la evaluación de riesgos asociados a los procesos de cualquier entidad. Se presenta como una descripción estructurada de las actividades ejecutadas, detallando los riesgos y controles, lo cual facilita el reconocimiento de peligros y la evaluación, control, seguimiento y comunicación de los riesgos vinculados con las actividades y procesos organizativos [44].

Gestionar una matriz IPERC permite cumplir con los requisitos de identificación y evaluación de riesgos, facilitando la implementación de estándares internacionales como la norma ISO 45001, ya que esta normativa solicita identificar los riesgos y oportunidades que se presentan en los procesos de una organización. Este enfoque contribuye a mejorar los procesos de capacitación de empleados y la planificación de nuevas labores [45].

La norma ISO 45001, de reconocimiento internacional, establece los requisitos esenciales para la implementación de un sistema de gestión centrado en la seguridad y salud en el trabajo, con el objetivo de proteger a los empleados durante el desempeño de sus responsabilidades [46]. Se disponen de varias herramientas valiosas que colaboran con este sistema y desempeñan un papel crucial en la prevención de riesgos laborales. Entre estas herramientas se destaca la matriz IPERC, la cual actúa como un instrumento de gestión facilitador para la identificación de peligros y la evaluación de riesgos [47].

- ***Establecimiento de las medidas de control***

El orden de prioridad para la aplicación de medidas de prevención y protección es el siguiente.

- a) Supresión de los peligros y riesgos.
- b) Manejo, control o aislamiento de los peligros y riesgos mediante la implementación de medidas técnicas o administrativas.
- c) Reducir al mínimo los peligros y riesgos mediante la adopción de sistemas de trabajo seguro que incorporen disposiciones administrativas de control.
- d) Planificar la sustitución gradual y lo más pronto posible de los procedimientos, técnicas, medios, sustancias y productos peligrosos.
- e) Suministrar equipos de protección personal apropiados [48].

Mientras que, las medidas de control son las mencionadas:

- Manejo de Ingeniería: abarca desde ajustes o mantenimiento de la maquinaria, cambio de tecnología, aislamiento parcial de la fuente mediante paredes, hasta el encapsulamiento de la fuente.

- **Gestión Organizativa:** numerosas de estas acciones son de carácter administrativo y buscan restringir el tiempo de exposición, el número de trabajadores expuestos, la implementación de descansos en entornos adecuados y la rotación de puestos, centrándose en gran medida en los aspectos laborales.
- **Gestión del Trabajador:** se basa en el control del riesgo en el individuo. Aunque se deben priorizar las medidas mencionadas anteriormente, en ocasiones, estas pueden ser las únicas viables de implementar [48].

b. Gestión de peligros eléctricos

Si se requieren controles nuevos o mejorados, siempre que sea viable, se deberían priorizar y determinar de acuerdo con el principio de eliminación de peligros, seguidos por la reducción de riesgos de acuerdo con la jerarquía de los controles contemplada en la norma NTC-OHSAS 18001:2007.

En el caso de presenciar un accidente con electricidad, se recomienda abordar en forma sistemáticas la gestión del control de los riesgos eléctricos, empleando la siguiente secuencia representada en la Figura 37.

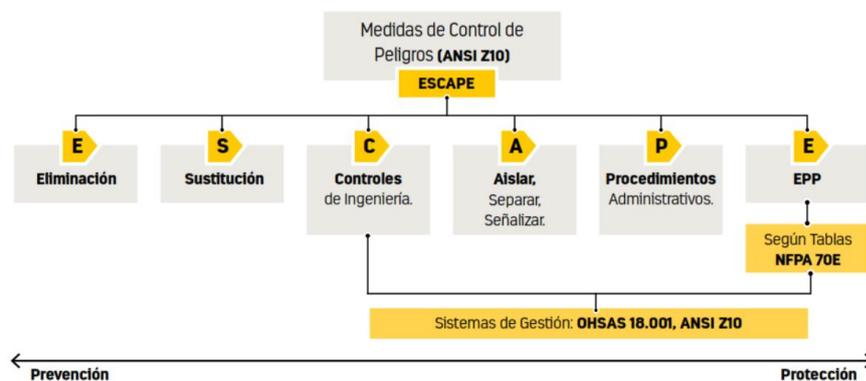


Figura 37. Medidas de control de seguridad eléctrica efectivo [30]

A continuación, se describen ejemplos de aplicación de la jerarquía de controles:

- **Eliminación:** alterar el diseño para suprimir el peligro, como la incorporación de dispositivos mecánicos de elevación para eliminar el riesgo asociado con la manipulación manual [49].
- **Sustitución:** cambiar por un material menos riesgoso o disminuir la energía del sistema (por ejemplo, reducir la fuerza, el amperaje, la presión, la temperatura).

- Controles de Ingeniería: implementar sistemas de ventilación, protecciones para las máquinas, dispositivos de enclavamiento y cerramientos acústicos.
- Controles administrativos, señalización, advertencias: establecimiento de alarmas, implementación de procedimientos de seguridad, realización de inspecciones de equipos, gestión de controles de acceso y capacitación del personal.
- Equipos/Artículos de protección personal: gafas protectoras, dispositivos auditivos de protección, máscaras faciales, sistemas de prevención de caídas y guantes [49].

1.3.11 Método IPERC

En este análisis, es necesario determinar el grado de probabilidad de que ocurra el daño, el nivel de consecuencias previsibles, el nivel de exposición y, en última instancia, la valoración del riesgo.

a. Nivel de probabilidad (NP)

Para determinar la probabilidad de ocurrencia del daño (NP), es necesario considerar tanto el grado de deficiencia identificado como la adecuación de las medidas de control de acuerdo con la escala correspondiente.

Tabla 16. Nivel de probabilidad [43]

Baja	El daño ocurrirá raras veces
Media	El daño ocurrirá en algunas ocasiones
Alta	El daño ocurrirá siempre o casi siempre

b. Nivel de consecuencias (NC)

Para establecer el nivel de consecuencias previsibles (NC), se deben tener en cuenta la naturaleza del daño y las partes del cuerpo afectadas.

Tabla 17. Nivel de consecuencias [43]

Ligeramente dañino	Lesión sin incapacidad: pequeños cortes o magulladuras, irritación de los ojos por polvo. Molestias e incomodidad: dolor de cabeza, disconfort.
Dañino	Lesión con incapacidad temporal: fracturas menores.

	Daño a la salud reversible: sordera, dermatitis, asma, trastornos musculoesqueléticos.
Extremadamente dañino	Lesión con incapacidad permanente: amputaciones, fracturas mayores. Muerte. Daño a la salud irreversible: intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales.

c. Nivel de exposición (NE)

Es una evaluación de la frecuencia con la que ocurre la exposición al riesgo, generalmente determinada por el tiempo empleado en áreas de trabajo, operaciones o tareas, así como en el contacto con máquinas y herramientas. Este grado de exposición se manifiesta según:

Tabla 18. Nivel de exposición [43]

Esporádicamente 1	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo. Al menos una vez al año.
Eventualmente 2	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos. Al menos una vez al mes.
Permanentemente 3	Continuamente o varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado. Al menos una vez al día.

d. Nivel de riesgo (NR)

Se establece el nivel de riesgo al integrar la probabilidad con las consecuencias del daño, de acuerdo con la matriz que se indica a continuación.

Tabla 19. Nivel de riesgo

		CONSECUENCIA		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
PROBABILIDAD	Baja	Trivial 4	Tolerable 5 - 8	Moderado 9 - 16
	Media	Tolerable 5 - 8	Moderado 9 - 16	Importante 17 - 24
	Alta	Moderado 9 - 16	Importante 17 - 24	Intolerable 25 - 36

e. Valoración del riesgo

Al comparar el valor del riesgo obtenido con el valor tolerable, se da un juicio sobre la aceptabilidad del riesgo estudiado. Estas interpretaciones se exponen en la Tabla 20.

Tabla 20. Matriz de valoración del riesgo

NIVEL DE RIESGO	SIGNIFICADO	SIGNIFICATIVO
Intolerable 25 - 36	No se debe iniciar ni proseguir con la tarea hasta que se haya disminuido el riesgo. Si no es factible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, se debe prohibir la realización de la tarea.	SI
Importante 17 - 24	El inicio del trabajo debe postergarse hasta que el riesgo se haya reducido. Puede ser necesario emplear recursos considerables para controlar el riesgo. En el caso de que el riesgo esté asociado a una tarea en curso, se debe abordar el problema en un plazo menor al de los riesgos moderados.	SI
Moderado 9 - 16	Es necesario realizar esfuerzos para disminuir el riesgo, identificando las inversiones necesarias. Las acciones destinadas a reducir el riesgo deben ser implementadas en un plazo establecido. Si hay presencia de un riesgo moderado relacionado con consecuencias extremadamente perjudiciales (mortales o muy graves), será necesario realizar una acción adicional para precisar con mayor exactitud la probabilidad de daño. Esto sirve como apoyo para determinar la necesidad de llevar mejoras en las medidas de control.	SI
Tolerable 5 - 8	La acción preventiva no requiere mejoras. Se deben evaluar soluciones más rentables o mejoras que no representen una carga económica significativa. Se requiere realizar verificaciones periódicas para garantizar que se conserve la eficacia de las medidas de control.	SI
Trivial 4	No es necesario llevar a cabo ninguna acción.	NO

En la Tabla 21, se describen los criterios respecto de nivel de probabilidad que engloba ciertas categorías como:

- El número de personas expuestas, la existencia de procedimientos de trabajo, la oportunidad de capacitación, y la exposición al riesgo.
- Mientras que el nivel de severidad o consecuencia se va estimando en base a los criterios establecidos según se indica.
- Todos ellos están relacionados con los índices de calificación numerados del 1 al 3.

Tabla 21. Criterio para cálculo del nivel de riesgo

Índice	PROBABILIDAD				SEVERIDAD (Consecuencia)	ESTIMACIÓN DEL NIVEL RIESGO	
	Personas expuestas	Procedimientos Existentes	Capacitación	Exposición al riesgo		Grado de riesgo	Puntaje
1	De 1 a 3	Existen, son satisfactorios y suficiente	Personal entrenado. Conoce el peligro y lo previene	Al menos una vez al año	Lesión sin incapacidad	Trivial (T)	4
				Esporádicamente	Disconfort/Incomodidad	Tolerable (TO)	De 5 a 8
2	De 4 a 12	Existen, parcialmente y no son satisfactorios o suficientes	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acciones de control	Al menos una vez al mes	Lesión con incapacidad temporal	Moderado (MO)	De 9 a 16
				Eventualmente	Daño a la salud reversible	Importante (IM)	De 17 a 24
3	Más de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control	Al menos una vez al día	Lesión con incapacidad permanente	Intolerable (IT)	De 25 a 36
				Permanentemente	Daño a la salud irreversible		

f. Ejemplo de matriz IPERC

Se realiza la evaluación cuantitativa utilizando las Tablas 16, 17, 18 y 19. Después de estimar el nivel de riesgo en relación con su tolerabilidad, se procede a identificar las medidas de control más efectivas para los riesgos significativos. Para lo cual, se hace empleo de una matriz formato IPERC, según el modelo del Anexo H.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un programa de prevención de riesgos eléctricos en el Laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de las instalaciones en las áreas del laboratorio de pruebas de transformadores de la EEASA.
- Analizar los factores de riesgo eléctrico presentes de cada puesto de trabajo en el departamento de pruebas de transformadores de la EEASA.
- Diseñar procedimientos seguros para las actividades que realizan los técnicos del laboratorio de pruebas de transformadores.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Se han empleado diversos recursos en la realización de esta investigación, entre los cuales se encuentran:

Tabla 22. Materiales

Material	Detalle	Figura
Computador	Se trata de un dispositivo electrónico diseñado para llevar a cabo una variedad de tareas, incluyendo la búsqueda y procesamiento de datos.	
Teléfono celular	Dispositivo tecnológico utilizado para recopilar las pruebas necesarias en una investigación, como fotografías, grabaciones de audio y videos.	
Microsoft Word	Aplicación de procesamiento de texto utilizada para la elaboración adecuada del informe final de investigación.	
Microsoft Excel	Programa que facilita la creación de hojas de cálculo, herramienta útil para organizar y analizar los datos recopilados en la investigación.	
Impresora	Dispositivo electrónico utilizado para imprimir la información seleccionada durante el desarrollo de la investigación.	
Internet	Red informática global que tiene como objetivo facilitar el intercambio de información procedente de diversas fuentes.	
Bases de datos de artículos científicos	Fuentes de artículos científicos relacionados con la temática, que incluyen Scopus, Scielo, Redalyc y Google Académico.	

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo la modalidad proyecto de investigación, la cual permitirá aprovechar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial referente al tema de seguridad industrial, con la finalidad de evaluar y prevenir riesgos eléctricos en el laboratorio de la empresa eléctrica.

El estudio fue realizado como parte de un proyecto viable que incorporó investigaciones de campo con los miembros del equipo encargado de las pruebas eléctricas en transformadores de la EEASA. La viabilidad de este proyecto se sustenta en la investigación de temas cruciales, como el riesgo eléctrico, su análisis, los transformadores de distribución, los procedimientos riesgosos en las pruebas eléctricas y la identificación de factores de riesgo en este contexto. Para llevar a cabo este estudio, se implementó el siguiente esquema de investigación:

a. Investigación Documental – Bibliográfica

La base del estudio se basa en la investigación documental, utilizando información extraída de libros, bases de datos, revistas, publicaciones, normativas y regulaciones legales. Se accedió a esta información a través de una lectura rigurosa de los textos, y se visitaron bibliotecas para localizar las fuentes necesarias. Todo este proceso se llevó a cabo con el fin de asegurar la calidad de la fundamentación teórica y la metodología aplicada en el estudio.

La investigación bibliográfica desempeñó un papel fundamental en el inicio de la investigación en los campos del conocimiento referentes al riesgo eléctrico, siendo esencial para el desarrollo del tema en estudio del área de pruebas de transformadores.

b. Investigación de campo

El proyecto de investigación se clasifica como un estudio de campo, porque se realizaron visitas a las instalaciones del laboratorio de pruebas de transformadores de

la EEASA. Principalmente se utilizó la información recopilada mediante técnicas de observación y cuestionarios. Además, se usarán entrevistas para obtener información confiable respecto de los problemas de seguridad en los últimos meses. Estos datos importantes fueron recolectados en el área de pruebas de la empresa durante la ejecución de las actividades rutinarias de pruebas eléctricas en transformadores. Además, estas visitas se llevaron a cabo con el objetivo de determinar el estado actual del laboratorio, usando el método de observación para definir las necesidades y verificar las causas que dan origen a la problemática en estudio y por medio de la recopilación de estos datos adquirir información sobre las condiciones de trabajo de los técnicos encargados.

c. Investigación aplicada

En este estudio, se emplearon los conocimientos adquiridos durante la carrera en el campo de seguridad y salud en el trabajo, centrándose especialmente en el área de Seguridad Industrial respecto de la evaluación del riesgo, en su identificación y valoración.

La administración del riesgo es el procedimiento lógico y sistemático empleado para manejar los riesgos vinculados a cualquier actividad, proceso, función o producto, abarcando aspectos como la seguridad, el entorno, la calidad y las finanzas [33].

Asimismo, conlleva la aplicación organizada de políticas, procedimientos y métodos en las actividades de comunicación y consulta, definición del contexto, evaluación del riesgo [50]. Este procedimiento se fundamenta en las pautas establecidas por la normativa ISO 31000, como se representa visualmente en la Figura 38.

Por lo tanto, en el estudio actual, se implementa el método de evaluación de riesgos que se concentra en la valoración del riesgo asociado a la electricidad. Esto implicó llevar a cabo actividades tales como:

1. El establecimiento del contexto actual de la empresa eléctrica, incluyendo el diagnóstico de las condiciones laborales y la identificación de las actividades laborales.
2. La realización de identificaciones adecuadas de las fuentes de peligro.

3. Llevar a cabo el análisis de las fuentes de riesgo, detallando las fuentes, las causas y las posibles consecuencias.
4. Las evaluaciones del nivel de riesgo para determinar si es necesario implementar acciones de control. Dentro de estas medidas de control, se propuso un programa preventivo que incorpora procedimientos de trabajo seguros para las tareas realizadas por el personal del laboratorio de transformadores de la empresa.

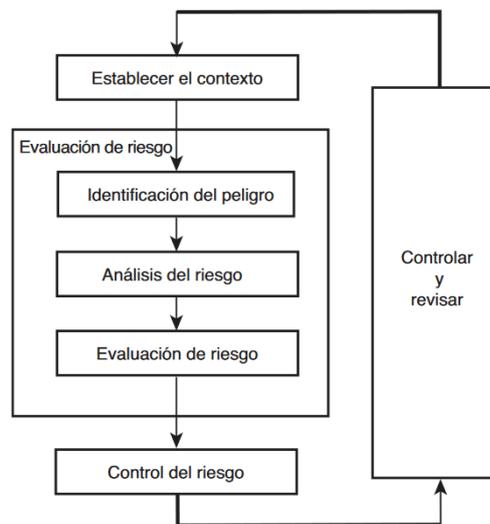


Figura 38. Proceso de evaluación de riesgos [50]

Tipo de investigación

Investigación descriptiva

En la implementación de los procedimientos de trabajo seguro, se adoptó una aproximación descriptiva que implicaba detallar las actividades laborales, describiendo las situaciones y eventos en las cuales se manifiestan los efectos de los riesgos eléctricos, con el propósito de luego analizar las condiciones y los actos subestándares presentes en las actividades realizadas en el laboratorio. Esta investigación descriptiva tuvo como objetivo comprender las situaciones, prácticas y actitudes en las tareas diarias realizadas, a través de una descripción de las actividades. El propósito último de esta investigación fue recopilar datos sobre los posibles riesgos eléctricos que ocurren en las actividades rutinarias en las pruebas, esenciales para la creación del manual de procedimientos de trabajo seguro.

2.2.2 Población y muestra

El estudio se realizó en las instalaciones de los laboratorios de la EEASA, ubicado dentro del complejo eléctrico Catiglata, en cual se realizan las pruebas de los transformadores y todas las actividades concernientes a mantenimiento de estos equipos.

El área de pruebas de transformadores está sujeta a la administración de los 3 principales directivos de la EEASA y al personal encargado de los mandos intermedios. Mientras que en el área operativa se cuenta con personal técnico eléctrico y personal de pasantías dentro del laboratorio, cuyo objetivo que tienen que dar, es el de realizar pruebas eléctricas de funcionamiento en los transformadores de distribución. En virtud de que la población no pasa de 100 personas, no se ve la necesidad de realizar el cálculo de la muestra representativa, con lo que se procederá a trabajar con toda la población.

Tabla 23. Personal del área del laboratorio de transformadores de la EEASA

Designación	Cantidad	Observación
Directivos de la EEASA	3	Tres principales
Mandos medios	5	Personal del DOM
Ingenieros técnicos eléctricos	4	Personal operativo
Ayudantes de pasantías de laboratorio	3	Personal operativo
Chofer	2	Chofer encargado de transporte de unidades de transformadores
Total, de población	17	

a. Caracterización de la población

En el área operativa, se dispone de técnicos eléctricos y pasantes en el laboratorio, cada uno desempeñando funciones esenciales para lograr los objetivos organizacionales.

Adicionalmente, ellos llevan a cabo pruebas de funcionamiento en los transformadores de distribución.

b. Personal a evaluar

La Tabla 24 presenta los resultados de la aplicación de la ficha de identificación, la cual especifica el puesto de trabajo y los datos del personal evaluado, cuya población es de 17 trabajadores.

Tabla 24. Ficha de identificación de personal

FICHA DE IDENTIFICACIÓN				
Área	Puesto de trabajo	Edad (años)	Sexo	Tiempo de trabajo
Transformadores y Líneas energizadas	Directivos de la EEASA	56	M	15 años
		53	F	12 años
		58	M	11 años
	Mandos medios	49	F	8 años
		52	M	10 años
		53	F	9 años
		50	M	7 años
		48	M	7 años
	Ingenieros técnicos eléctricos	48	M	6 años
		46	M	5 años
		45	M	6 años
		48	M	7 años
	Ayudantes de pasantías de laboratorio	17	M	3 meses
		22	M	3 meses
		24	M	3 meses
	Choferes	48	M	3 años
		52	M	3 años

A partir de los datos recopilados a través de la ficha de identificación, se puede observar que hay una diversidad de edades, comprendidas entre los 45 y los 56 años. También se aprecia una variedad de géneros y un rango de experiencia laboral que va desde los 5 hasta los 15 años. Estos empleados ocupan puestos representativos y desempeñan actividades en el área de mantenimiento de transformadores.

2.2.3 Recolección de información

La recolección de información sobre las tareas y actividades, en el área del laboratorio de transformadores de la EEASA, se realizó de manera presencial sin afectar al funcionamiento diario. Se llevó a cabo dentro de los días laborables y dentro de los horarios de trabajo de 8:00 am a 17:00 pm. En la Tabla 25, se describe los principales cuestionamientos que surgen para abordar el proyecto de investigación.

Tabla 25. Descripción de la recolección de información

Cuestionamiento	Descripción
¿Para qué?	Cumplir con los objetivos de la investigación propuesta.
¿De quién o quiénes?	Sobre el personal del área de pruebas y mantenimiento de transformadores.
¿Sobre qué?	Mantenimiento de los transformadores, se lo realiza en el laboratorio de la empresa y se lleva a cabo pruebas de: relación de transformación, resistencia de bobinados, pérdidas en vacío, pérdidas en cortocircuito, y resistencia de aislamiento.
¿Cuándo?	Período académico septiembre 2023 – febrero 2024
¿Dónde?	En la empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.
¿Cuántas veces?	Las veces requeridas por el autor
¿Qué técnicas de recolección se usarán?	Observación directa, entrevistas, lista de verificación, diagramas de flujo.
¿En base a qué?	Inspección visual, fichas de identificación de riesgos eléctricos, fichas de registro de información, fotografías y apuntes.
¿En qué situación?	Desempeño normal de actividades de pruebas de transformadores y mantenimiento de estos.
¿Encargado?	Investigador (Christian Daniel Shiguango Nata).

Para obtener información sobre los riesgos eléctricos a los que se enfrenta el personal del laboratorio de transformadores de la EEASA, se utilizaron las siguientes técnicas de investigación:

a. Observación directa

Esta técnica se logra a través de la observación visual para recopilar información; en otras palabras, implica registrar de la manera más imparcial posible lo que sucede en el mundo real, con el propósito de analizarlo, describirlo o explicarlo posteriormente desde una perspectiva científica.

Este tipo de observación se llevó a cabo con el propósito de recopilar y registrar información relacionada con las actividades realizadas por el técnico operario en la sección de pruebas del laboratorio. Para ello, se empleó una ficha de observación para evaluar las condiciones de seguridad presente en esta instalación. Dicha ficha se presenta en el Anexo B.

- **Metodología de aplicación del Checklist**

El diseño metodológico de la lista de chequeo o checklist, se enfocó en el análisis de riesgos, basado en la norma NFPA – 70E (National Fire Protection Association – Seguridad eléctrica en lugares de trabajo); en el uso del sistema de recogida de datos

mediante los cuestionarios de verificación que propone el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, las cuales son herramientas metodológicas para la identificación de posibles factores de riesgo y cuyo propósito es evaluar las condiciones de seguridad en el trabajo. Se hace uso de los cuestionarios 1 y 6, relacionados a lugares de trabajo e instalación eléctrica respectivamente. Además, se complementa con la aplicación del cuestionario denominado pauta de inspección para las condiciones de seguridad en instalaciones eléctricas, propuesto por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).

b. Entrevista no estructurada

Se trata de la interacción directa entre el investigador y el objeto de estudio. En esta instancia, permitió la recopilación sistemática de información acerca del tema de investigación, obtenida directamente de las personas implicadas en la problemática, tales como el director del departamento de distribución, el jefe de sección de transformadores, el responsable de seguridad, el ingeniero supervisor y los técnicos operarios. Además, se formularon preguntas abiertas que permitieron al entrevistado expresar su percepción de manera flexible y natural. Antes de llevar a cabo las entrevistas, los guiones fueron validados por la tutora de la investigación.

c. Encuesta

Se obtuvieron datos mediante la utilización de dos encuestas con el objetivo de determinar la necesidad de establecer un manual de procedimientos para garantizar la seguridad en el laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores de distribución, con la finalidad de prevenir accidentes de naturaleza eléctrica.

d. Grupo de discusión

Se llevaron a cabo diálogos con el responsable de la sección de transformadores y el ingeniero encargado del departamento de Seguridad e Higiene de la compañía, con el propósito de analizar los resultados de la evaluación de los riesgos eléctricos. Durante estas reuniones, se abordó la viabilidad de las medidas preventivas, se asignaron responsabilidades y se discutieron sugerencias para los procedimientos de trabajo, los cuales están detallados en la propuesta del programa de prevención.

e. Fases de recolección de información

La participación e interés del personal que formó parte de este estudio posibilitó la formulación de medidas preventivas factibles frente a los factores de riesgo identificados. La obtención de la información esencial para llevar a cabo la investigación se llevó a cabo siguiendo una secuencia temporal. A continuación, se detallan las fases de recopilación de datos, las cuales estarán sujetas a la aplicación de las técnicas y herramientas mencionadas en la Tabla 26.

Tabla 26. Fases de recolección de la información

Fase	Objetivo	Técnica	Herramienta	Recursos y materiales
PREPARACIÓN	<p>Reconocer información organizacional de la empresa a fin de conocer la actividad laboral.</p> <p>Informar al personal del laboratorio de transformadores los beneficios que tiene la investigación</p> <p>Identificar condiciones seguras del área de trabajo en las que realizan las actividades los técnicos del laboratorio</p>	Observación directa	<p>Ficha de observación (checklist) para evaluar las condiciones de seguridad presente en esta instalación.</p> <p>Además, se utilizó la herramienta de inspección “Condiciones de seguridad en instalaciones eléctricas” en base al manual de prevención de riesgos eléctricos de la ACHS.</p> <p>Dicho checklist se encuentra en el Anexo B.</p>	Tecnológicos Computador portátil Microsoft Excel Microsoft Word Cámara Impresora y copiadora
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO	<p>Determinar la presencia de los factores de riesgo eléctrico</p> <p>Obtener información detallada del director general del departamento de distribución</p>	Entrevista	<p>Guía para la Entrevista con el director general a cargo del área de transformadores realizada en el Anexo A. Esta entrevista se llevó a cabo con el Ingeniero Carlos Solís, quien ocupa la posición de director del Departamento de Distribución en la EEASA.</p> <p>Se utilizó un formulario de preguntas sencillas, permitiendo al directivo proporcionar información sobre el estado actual de la empresa en relación con la prevención de accidentes de origen eléctrico.</p>	Humanos Gerente Director del departamento Jefe de sección

	<p>Determinar la presencia de los factores de riesgo eléctrico</p> <p>Obtener opinión relevante del personal técnico operativo y de los mandos intermedios</p>	Encuesta	<p>Encuestas con preguntas diseñadas para conocer sus opiniones sobre la necesidad de establecer un manual de procedimientos de trabajo seguro en el laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores.</p> <p>Dichas encuestas se encuentran en el Anexo C y Anexo D.</p>	Técnicos operarios
EVALUACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO	<p>Preparar las fichas de evaluación</p> <p>Anotar la información en las fichas de evaluación</p> <p>Determinar los posibles efectos fisiológicos que genera la presencia de los factores de riesgo eléctrico</p>	Observación directa	Aplicación de la metodología ¿"What If?" para identificar los peligros eléctricos en el área. Esta herramienta implica plantear tres preguntas y responder de acuerdo con el criterio del evaluador.	<p>Temporales tiempo de aplicación de cada herramienta de acuerdo a la disposición o disponibilidad de la empresa.</p>
	<p>Realizar el trabajo de campo</p> <p>Realizar la valoración del riesgo eléctrico en las actividades de pruebas eléctricas de transformadores</p>	Observación directa	Aplicación de la metodología IPERC, de estudio para el análisis y evaluación de riesgos laborales. Durante la evaluación, se determina el nivel de probabilidad de ocurrencia del daño, el nivel de consecuencia previsible, el grado de exposición, y al final se valora el riesgo en estudio para determinar si es significativo o no.	
PLANEACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA	<p>Desarrollar las medidas preventivas</p> <p>Presentar la propuesta del programa de prevención al directivo del departamento de distribución y al jefe de sección de transformadores</p>	Grupo de discusión	Propuesta de una guía general de seguridad para prevenir los riesgos eléctricos a los que están expuestos los técnicos del laboratorio de transformadores que incluye procedimientos de trabajo seguro.	

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de la información se llevó a cabo de manera que se pudiera contar con datos oportunos, claros y comprensibles. Esto facilitó la comprensión del tema investigado y, como resultado, permitió obtener las conclusiones y

recomendaciones necesarias para el proyecto. Para el procesamiento y análisis de datos se lo realizó de la siguiente manera:

1. Se determinó el estado de la situación actual de la empresa respecto de las condiciones de seguridad de riesgos eléctricos, mediante la elaboración de lista general de chequeo (checklist).
2. Se describió tareas que se realizan en esta área de trabajo donde se pudo identificar el manejo de cargas eléctricas.
3. Se reconoció las circunstancias de riesgo peligrosas a las que se ven expuestos los técnicos del laboratorio.
4. Se identificó los principales factores de riesgo eléctrico.
5. Se procedió a desarrollar la metodología de evaluación de riesgos eléctricos.
6. Con los resultados obtenidos en la metodología de evaluación aplicada, se interpretó los niveles de riesgo significativos para posteriormente sugerir unas medidas adecuadas de control para reducir el riesgo.
7. Como resultados del tercer objetivo, se propuso las posibles soluciones preventivas para reducir o mitigar la exposición de los técnicos frente a los riesgos eléctricos presentes en las actividades de pruebas de transformadores.
8. Finalmente, se elaboró el informe final para la presentación de resultados en el software Microsoft Word, donde están incluidas las representaciones gráficas de los resultados de las encuestas, así como la presentación de diferentes procedimientos mediante tablas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Información general de la empresa

a. Reseña histórica

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) es una empresa con más de cincuenta años de trayectoria, caracterizada por brindar un servicio eficiente a la sociedad. A lo largo de su existencia, ha mantenido niveles destacados en términos técnicos, laborales y de atención al cliente en la zona que le corresponde en términos de concesión. Este logro se atribuye a la eficaz gestión llevada a cabo por su personal, directivos y autoridades [51].

El 2 de julio de 1959 marcó el inicio de las operaciones de la Empresa Eléctrica Ambato S.A., una entidad privada con fines sociales y públicos. Este paso se materializó tras la firma de la escritura de constitución el 29 de abril del mismo año. En la ceremonia de constitución, participaron el Ilustre Municipio de Ambato, bajo la dirección de su alcalde, el Dr. Ruperto Camacho, y la ex H. Junta de Reconstrucción de Tungurahua, presidida por el señor Germánico Holguín. El capital inicial ascendió a 97 millones de sucres, de los cuales 64 millones provenían del Municipio y el resto de la Junta de Reconstrucción [51].

La fundación de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA, se llevó a cabo el 29 de abril de 1959, estableciéndose como una sociedad anónima. La entidad se sujeta a la normativa de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, promulgada el 16 de octubre de 2009, así como a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, conocida como LOSPEE, la cual fue publicada en el Registro Oficial N° 418 el 16 de enero de 2015 [51].

Hasta la fecha actual, el área de concesión de la EEASA abarca una extensa porción de la región central del país, que se extiende por aproximadamente 40,805 kilómetros cuadrados y alberga una población de alrededor de 1,000,000 habitantes. Esta área comprende en su totalidad las provincias de Tungurahua y Pastaza, así como los cantones Palora, Huamboya y Pablo Sexto en la provincia de Morona Santiago. Además, abarca la parte sur de la provincia de Napo, que incluye su capital Tena, así como los cantones Tena, Archidona y Carlos Julio Arosemena Tola [51].

La colaboración conjunta ha llevado a que EEASA sea reconocida a nivel nacional como una Empresa de Categoría A, según la evaluación realizada por las entidades del sector eléctrico. Esto significa que la organización tiene una clara visión de su dirección y está consciente de las acciones que debe emprender hacia el logro de sus objetivos [51].

En el siguiente apartado, se presenta los datos generales de la empresa, como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27. Datos generales de la empresa

Razón social:	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.		
			
Ubicación oficinas centrales		Ubicación del complejo eléctrico Catiglata	
Vista frontal		Vista frontal	
			
Vista superior		Vista superior	
			
Provincia	Tungurahua	Sector:	Catiglata
Cantón	Ambato	Dirección:	Av. 12 de noviembre 11-29 y Espejo
RUC	1890001439001		
Actividad Económica:	Administra la distribución y venta de energía eléctrica, así como el alumbrado público en su zona de concesión.		
Representante Legal:	Presidente actual Ejecutivo: Ing. Luis Alberto Marcial Domínguez		

b. Misión

Suministrar energía eléctrica, con las mejores condiciones de calidad y continuidad, para satisfacer las necesidades de los clientes en su área de concesión, a precios razonables y contribuir al desarrollo económico y social [51].

c. Visión

Constituirse en empresa líder en el suministro de energía eléctrica en el país [51].

d. Principios institucionales

- Contar con personal altamente calificado, entusiasta y dedicado a los propósitos fundamentales.
- Implementar una administración de vanguardia, activa, participativa y enfocada en la constante mejora.
- Garantizar un suministro eléctrico confiable, empleando tecnología apropiada.
- Establecer procedimientos automatizados y unificados.

e. Política de calidad

Proporcionas a los clientes de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general de manera continua y confiable, cumpliendo sus requerimientos, las disposiciones del ente regulador y el marco legal vigente, utilizando eficientemente los recursos disponibles, propiciando la eficiencia del sistema de gestión de calidad, a través de la mejora continua de los procesos y la gestión empresarial, para el cumplimiento de los objetivos institucionales y fortaleciendo las competencias de sus colaboradores, encaminadas a la satisfacción del cliente [51].

f. Organigrama empresarial

La organización de EEASA se estructura jerárquicamente, incluyendo la Junta General de Accionistas, el Directorio y la Presidencia Ejecutiva, que establecen directrices y políticas. A nivel asesor y de supervisión se encuentran entidades como la Asesoría Jurídica y la Auditoría Interna. En el siguiente escalón de autoridad se ubican diversos departamentos como Planificación, Financiero y Relaciones Industriales. Asimismo,

están los departamentos operativos de Subtransmisión, Distribución, Comercial, Zona Oriental Pastaza y Zona Oriental Napo. Cada una de estas áreas cuenta con Jefaturas de Sección correspondientes bajo su dirección [51].

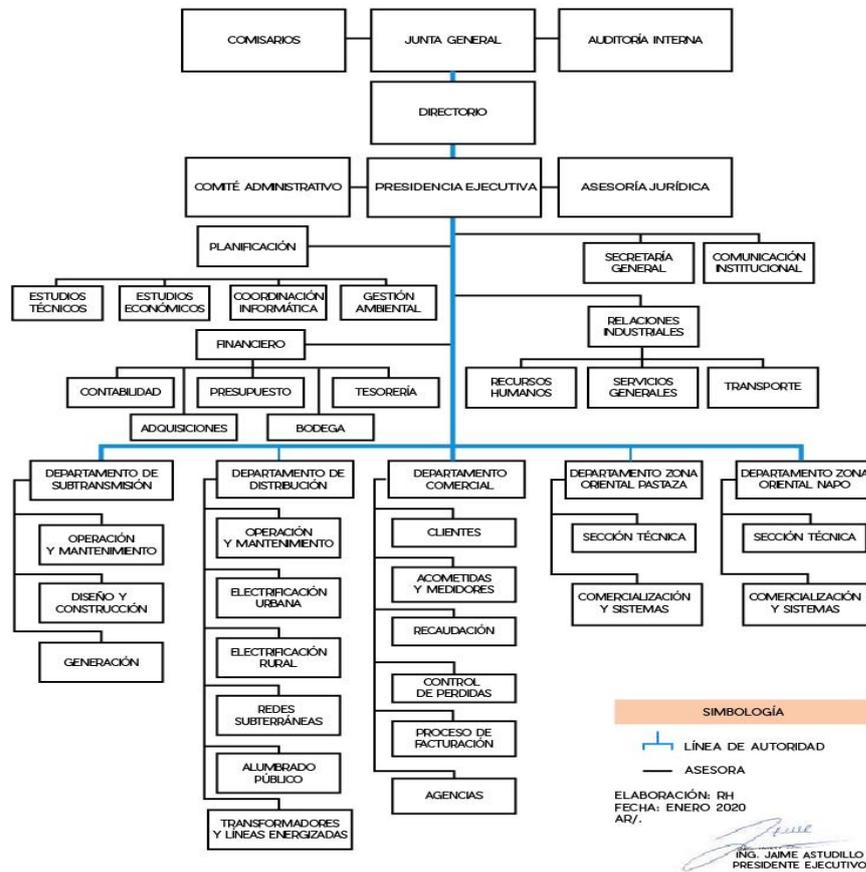


Figura 39. Organigrama institucional EEASA [51]

3.1.1 Datos particulares de la empresa

En la Tabla 28, se detallan los parámetros fundamentales que dispone la organización en la actualidad.

Tabla 28. Características particulares de la Institución

Número de Clientes de la EEASA actualmente	308.750 clientes
Número de Trabajadores	373 trabajadores
Energía en el Sistema de la EEASA (Año Móvil)	595.000 MWh
Demanda máxima de potencia eléctrica	112 MW
Pérdidas de Energía (%)	7,19 % (Método de cálculo de un año móvil).
Cartera Actual (USD)	850.000 dólares

3.2 Diagnóstico de la situación actual

3.2.1 Identificación de actividades de trabajo

El Departamento de Distribución tiene la responsabilidad de garantizar que todo el sistema eléctrico de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. se encuentre en condiciones óptimas de operación y funcionamiento. Este departamento está compuesto por diversas áreas, incluyendo operación y mantenimiento, electrificación urbana, electrificación rural, redes subterráneas, alumbrado público, así como el área de transformadores y líneas energizadas.

Área de líneas energizadas

Esta área opera bajo la dirección del Departamento de Distribución. En el ámbito de las líneas energizadas, se llevan a cabo actividades de reparación en instalaciones eléctricas sin interrumpir el suministro eléctrico. En este contexto, se realizan labores con líneas energizadas (vivas o en carga) de media tensión, con un voltaje de 13,8 kV y una frecuencia de 60 Hz. Para estas tareas, se utiliza un vehículo canasta que facilita el acceso a alturas elevadas. Se emplea el método de trabajo a contacto, conforme a lo establecido en la (RETIE, 2013, pp. 82), en el cual el operario se aísla del conductor en el que está trabajando y de los elementos considerados como tierra, mediante el uso de elementos de protección personal, dispositivos y equipos aislantes.

Área de transformadores

El área de transformadores opera bajo la dirección del Departamento de Distribución, llevando a cabo diversas actividades que incluyen la realización de pruebas eléctricas en los transformadores del sistema eléctrico de la empresa. En este sector, se cuenta con un laboratorio, que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones del complejo eléctrico Catiglata y cuenta con la autorización para llevar a cabo pruebas eléctricas en transformadores particulares.

Esta área también se encarga de llevar a cabo revisiones de las herramientas utilizadas en las líneas energizadas en media tensión, así como de ejecutar actividades de toma de cargas eléctricas tanto diurnas como nocturnas. Toda esta información se actualiza

constantemente en la base de datos del sistema que gestiona los transformadores existentes en la red de distribución.

Además, para llevar a cabo el reemplazo de transformadores, en la operación de reinicio y reconexión se emplea el método de trabajo a distancia, según lo establecido en la (RETIE, 2013, pp. 82). En este enfoque, el operario realiza las tareas con la asistencia de herramientas montadas en el extremo de pértigas aislantes.



Figura 40. Entrada al Complejo Eléctrico Catiglatá

a. El área del laboratorio de transformadores



Figura 41. Instalaciones del laboratorio de transformadores

El departamento de laboratorio de la empresa eléctrica está equipado con una variedad de instrumentos y equipos de medición necesarios para llevar a cabo las pruebas solicitadas tanto por clientes internos como externos. Además, este departamento es responsable del mantenimiento de los transformadores tanto en el laboratorio como en el campo, y están completamente dispuestos a ofrecer estos servicios. El laboratorio de pruebas eléctricas representa un entorno de trabajo potencialmente peligroso debido a las condiciones inadecuadas en las que se llevan a cabo las tareas diarias. Además, la ausencia de manuales de procedimientos de trabajo seguro constituye una razón suficiente para implementar diversas precauciones de prevención de accidentes.

- ***Actividades que realizan en el área***

- Pruebas eléctricas de rutina en transformadores: en el laboratorio de la empresa, se llevan a cabo las pruebas de rutina en transformadores. Estas pruebas incluyen las de PCB, relación de transformación, resistencia de bobinas, resistencia de aislamiento, pérdidas en vacío y cortocircuito. Estas pruebas tienen como objetivo evaluar el estado de los transformadores. Una vez que han sido aprobados en las pruebas eléctricas, se vuelven a instalar en la ubicación correspondiente.
- Montaje de transformador: se lleva a cabo la sustitución de transformadores cuando presentan algún defecto o cuando el transformador actual no es suficiente para abastecer a todo el sector designado. En este caso, se procede a reemplazarlo por uno de mayor capacidad, realizando la operación de reseteo y la reconexión de transformadores.

- ***Personal que trabaja en el laboratorio***

En el laboratorio de pruebas eléctricas de la EEASA, actualmente se encuentran desarrollando sus actividades cotidianas 4 ingenieros, uno de ellos es el ingeniero supervisor y el resto de personal son los ingenieros técnicos operarios. Se incluye también en el personal a jóvenes que se encuentran realizando sus prácticas preprofesionales o pasantías por un tiempo determinado.

El ingeniero supervisor se encarga de inspeccionar las labores de mantenimiento que se realizan a los transformadores. Además, es el encargado de gestionar las actividades de cualquier proyecto que incluyan extensiones de red de transformadores trifásicos o monofásicos de cualquier potencia y del proyecto relacionado con la migración de transformadores. También, se encarga de la verificación de las características de operación, diseño, montaje y pruebas eléctricas realizadas a estos equipos de transformación de energía, y de registrar los formularios de recepción de trabajo y de chequear el registro de pruebas eléctricas de transformadores, con el propósito de emitir un documento con un certificado de ensayo y prueba del transformador, el cual se envía hacia la base de datos del sistema de gestión administrativa de transformadores de la empresa eléctrica.

Los ingenieros técnicos operarios se encargan de ejecutar las pruebas eléctricas de rutina en transformadores en las instalaciones del laboratorio de la empresa, con el propósito general de verificar que el equipo de transformación, cumplan con las especificaciones de diseño una vez que se encuentre en operación activa. Otra de sus actividades que realizan, es la de llenar el registro de pruebas eléctricas para cada transformador que así indique la orden de trabajo y ejecutar las actividades que se requieran, como de recepción, mantenimiento y traslado de transformadores deteriorados o que no cumplan con la normativa de operación, hacia el área de bodega.

b. Normativas de las pruebas eléctricas de transformadores

Entre las pruebas para transformadores, se deben realizar pruebas tanto eléctricas como pruebas al aislante dieléctrico. Todas estas pruebas están basadas en las siguientes normas:

- IEEE C57.12.90-2006. "Código de pruebas para pruebas de transformadores de distribución, de potencia y de regulación inmersos en líquido".
- IEEE C57.12.00-2006. "Requisitos generales para transformadores de distribución, de potencia y regulación inmersos en líquido".
- IEEE C57.106-2006. "Guía IEEE para la aceptación y el mantenimiento de aceite aislante en equipos".
- ASTM D 877 – D 1816. "Métodos normalizados para la tensión de ruptura dieléctrica".
- ASTM D 971 – D 2285. "Métodos normalizados para la tensión interfacial en aceites aislantes".
- ASTM D 1533. "Método normalizado para el contenido de humedad en el aceite".
- ASTM D 974 - D 664 – D 1534. "Métodos para el número de acidez o de neutralización".
- ASTM D 4059. "Método para en análisis de contenido de PCB's".

Además, se emplean las normas técnicas NTE INEN, las cuales son:

- NTE INEN 2111:04. "Transformadores de distribución. Pruebas eléctricas".

- NTE INEN 2113:98. “Transformadores. Determinación de pérdidas y corriente sin carga”.
- NTE INEN 2114:04. “Transformadores monofásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de corto circuito”.
- NTE INEN 2116:98. “Transformadores. Impedancia y pérdidas con carga”.
- NTE INEN 2117:98. “Transformadores. Relación de transformación, verificación de la polaridad”.
- NTE INEN 2118:98. “Transformadores. Medida de la resistencia de devanados”.
- NTE INEN 2125:98. “Transformadores. Pruebas al dieléctrico”.
- NTE INEN 2127:98. “Transformadores. Niveles de aislamiento”.

En lo que respecta a las pruebas eléctricas, la norma IEEE C57.12.00-2000: Requisitos generales para transformadores de distribución, de potencia y regulación inmersos en líquido, define a la prueba de rutina como pruebas de control de calidad realizadas por el fabricante en el caso de todo dispositivo o muestra representativa, esto con el propósito de verificar, durante la producción, que cumple con las especificaciones de diseño.

c. Pruebas eléctricas en transformadores

Las pruebas eléctricas se llevan a cabo para verificar que los transformadores cumplan con las especificaciones de diseño. Además, ofrecen una serie inicial de pruebas de referencia que serán utilizados para propósitos de comparación contra las pruebas eléctricas de campo futuras [52]. Las pruebas realizadas en el laboratorio pueden ser clasificadas en dos grupos según el riesgo de electrocución. El primer grupo engloba pruebas con un menor riesgo de posibles electrocuciones, mientras que el segundo comprende las pruebas más peligrosas [52].

d. Pruebas peligrosas de rutina

El presente proyecto de investigación se enfoca en las pruebas realizadas a transformadores de distribución que necesitan ser comprobados y corroborados para su buen funcionamiento.

- **Prueba de cortocircuito o pérdidas en el cobre:**

En este módulo de pruebas se suministra la corriente nominal al transformador según su potencia eléctrica. El voltaje de alimentación puede variar entre 300 y 400 voltios, lo que crea una condición de riesgo en caso de que ocurra un accidente [53].

Se aplica a cada devanado un voltaje de corriente continua de valor bajo, se aplica la ley de Ohm y se obtiene la resistencia efectiva en C.C. La prueba de cortocircuito nos permite conocer las pérdidas del cobre de cada devanado. Las pérdidas en el cobre o en los bobinados del transformador, se deben a la disipación de calor que se producen en los devanados. Estas pérdidas son proporcionales a las resistencias de cada bobinado, y a través de la corriente que circula en ellos [53].

MÉTODO DE MEDICIÓN: Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006, NTE INEN 2114:04, NTE INEN 2129

Las pérdidas en el cobre se pueden calcular por las siguientes fórmulas:

- Pérdidas en el devanado primario = $(I_1)^2 * R_1$ vatios
Donde, I_1 es la corriente en el devanado primario, R_1 resistencia efectiva del devanado primario.
- Pérdidas en el devanado secundario = $(I_2)^2 * R_2$ vatios
Donde, $(I_2)^2$ y R_2 corriente y resistencia efectiva del devanado secundario.

Las pérdidas totales en el cobre serán entonces: $PT = (I_1)^2 * R_1 + (I_2)^2 * R_2$ vatios

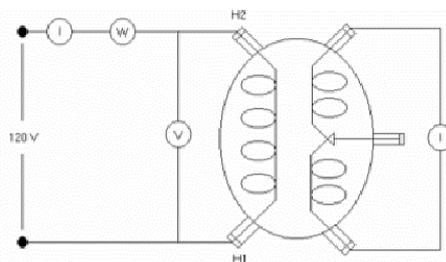


Figura 42. Método para la medición de las pérdidas de cortocircuito

- **Prueba de medición de resistencias de bobinados:**

Esta prueba implica un riesgo considerable. El instrumento empleado para medir esta magnitud eléctrica suministra un valor de 25 amperios a los bobinados primario y

secundario. El peligro radica en el momento de desconectar los terminales de conexión del instrumento, ya que existe la posibilidad de una descarga eléctrica para el operario. En caso de ocurrir, esto podría resultar en un desenlace fatal debido a la corriente que se utiliza en las pruebas [54].

Esta prueba tiene la finalidad de verificar la resistencia óhmica de los devanados. Con su aplicación se detectan los falsos contactos y espiras en corto circuito al compararse con los datos de placa o con resultados anteriores. La resistencia a corriente continua (CC) de un devanado medida con un óhmetro, indicará un cambio en la resistencia CC del devanado cuando exista espiras cortocircuitadas, juntas débiles, falsos contactos y cambios en los devanados debido a un cambio en la capacitancia.

Estos resultados deben ser comparados con los resultados de la prueba en fábrica o con mediciones previas en el campo. En caso de que, no se disponga de estos datos, se sugiere que se compare con datos de un transformador idéntico al que está en prueba.

Unos resultados muy altos pueden indicar un problema en las conexiones, que, si no se le presta la atención adecuada, puede causar problemas. Si ocurre una deformación del devanado, ello afectará la capacitancia y, a su vez, afectará la resistencia del devanado [54].

Además, resultados deficientes pueden apuntar hacia problemas cuando el devanado de las conexiones está sometido a pruebas. Los puntos con alta resistencia en partes de conducción son fuente de problemas en los circuitos eléctricos, ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc. Ésta prueba nos detecta esos puntos.

En transformadores trifásicos, las mediciones se hacen sobre devanados individuales (fase a neutro), siempre que sea posible. En las conexiones delta siempre habrá dos devanados (en serie), que están en paralelo con el devanado bajo prueba. Por esta razón, se deben realizar tres mediciones en el devanado en delta para obtener resultados más precisos [54].

MÉTODO DE MEDICIÓN: Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006, NTE INEN 2118:2013

- Método de la caída de tensión: este método es empleado solo cuando la corriente nominal del devanado bajo prueba es mayor a 1 A. Se realiza la prueba haciendo circular una corriente directa a través del devanado que no exceda el 15 % de la corriente nominal. Esto para evitar errores por el calentamiento del devanado. El valor de la resistencia se obtiene mediante la ley de ohm, mediante los datos de voltaje y corriente, tal como se indica en la Figura 43.

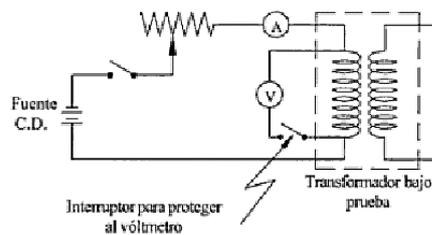


Figura 43. Método de la caída de tensión para la medición de resistencia de devanados

- Método del puente de Wheaststone: este método es el más usado por la sencillez y la exactitud que ofrece. La corriente que circula por el circuito es muy pequeña, por lo que no se, altera cuando exista algún calentamiento. Según la norma, este método es único en devanados donde la corriente nominal es menor de 1 A. La Figura 44 indica el método del puente de Wheaststone.

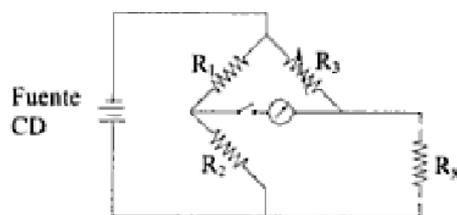


Figura 44. Método del puente de Wheatstone para la medición de resistencia de devanados

- ***Prueba de circuito abierto***

Esta prueba es catalogada como la de mayor riesgo. En caso de una electrocución, puede resultar en lesiones graves o incluso la muerte. El módulo de pruebas suministra el voltaje nominal en baja tensión, lo que da como resultado el valor equivalente de

voltaje nominal en media tensión del lado secundario, con un valor de 13800 voltios [55].

Después de llevar a cabo las pruebas mencionadas anteriormente, se hace una recomendación global en cuanto a la seguridad laboral, la cual es que se sugiere descargar a tierra el transformador [55].

En cuanto a las tres pruebas restantes, se consideran de menor riesgo debido a la forma en que se llevan a cabo o a los valores más bajos de las magnitudes eléctricas de voltaje y corriente.

- ***Prueba de relación - transformación***

La relación de transformación se define como la relación de espiras o de tensiones entre los devanados primario y secundario de los transformadores. Esta prueba nos permite mostrar que la tensión a la salida es la indicada en la placa. Cuando existen bobinas en cortocircuito o abiertas, la tensión difiere de la indicada. Además de verificar que las relaciones de transformación para las diferentes posiciones del Tap de un transformador están dentro de la tolerancia de medición [56].

Durante la prueba de relación de transformación, se debe verificar todas las posiciones del cambiador de tomas para identificar espiras cortocircuitadas, ajustes incorrectos, errores en el conteo de espiras, terminales identificados incorrectamente y fallas en los cambiadores de tomas [56].

Esta prueba verifica exitosamente la integridad de los devanados del transformador, cuando éste ha sido modificado o reparado. La relación de transformación no dice cuántas vueltas o espiras de conductor hay en la bobina primaria o secundaria, sino que solamente nos indica su relación. Además, una medición de relación de transformación puede mostrar que existe una falla, pero no indicará su localización exacta. Pudiese requerirse una inspección interna o el desencubado para localizar el problema [56].

MÉTODOS DE MEDICIÓN: Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006, NTE INEN 2117:2013

- El primer método, consiste en aplicar una tensión conocida y medir la tensión inducida en el otro devanado. En transformadores trifásicos conectados en estrella con la conexión de neutro sacada al exterior, la relación se puede verificar con una tensión monofásica. Los fabricantes recomiendan que se emplee una tensión de al menos 10% de la tensión nominal cuando se utilice este método. Sin embargo, el uso de este método en el campo no siempre es práctico.
- El método más conocido para verificar las relaciones de transformación en el campo emplea un equipo de pruebas relación de transformación. El equipo consta de un generador interno para suministrar el potencial de prueba a un transformador de referencia en el propio instrumento y al devanado de baja tensión del transformador bajo prueba.

La Figura 45, especifica el método del puente para conocer la relación de transformación, es un método más preciso y no se requiere de un segundo transformador de condiciones idénticas al de prueba, por lo que esta prueba se aplica fácilmente en el campo.

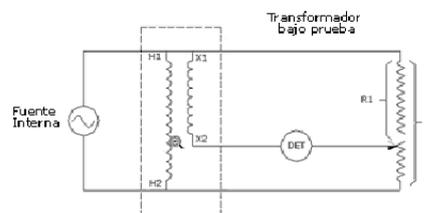


Figura 45. Método del puente para la medición de la relación de transformación

- ***Prueba de pérdidas sin carga (vacío)***

Las pérdidas de potencia, en vatios, en el núcleo de un transformador se pueden determinar fácilmente, leyendo la entrada en vatios por medio de un vatímetro cuando el secundario ha quedado abierto. La prueba de vacío nos permite obtener las pérdidas en el núcleo del transformador [57]. Estas pérdidas pueden ser:

- Las pérdidas por corrientes parásitas se deben a que el flujo alterno, además de inducir una F.E.M en los devanados del transformador, induce también en el núcleo de acero una F.E.M, la que produce una circulación de pequeñas

corrientes que actúan sobre una superficie del núcleo y producen calentamiento de este. Si el núcleo fuese de acero macizo, las corrientes de Foucault producidas originarían pérdidas intolerables. Por este motivo. Los núcleos de los transformadores se construyen en láminas delgadas de acero, al silicio que ofrece gran resistencia a las corrientes parásitas, inducidas en el núcleo. Las laminaciones son destempladas en un horno eléctrico y son recubiertas por una delgada capa de barniz que aumenta la resistencia a las corrientes parásitas [57].

- Las pérdidas por histéresis debido a que el flujo magnético se invierte varias veces por segundo, según la frecuencia produciendo así pérdidas de potencia debido a la fricción de millones de moléculas que cambian de orientación varias veces.

MÉTODO DE MEDICIÓN: Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006, NTE INEN 2113:2013

Se puede calcular las pérdidas, midiendo la potencia, calculada por medio de un voltímetro y un amperímetro.

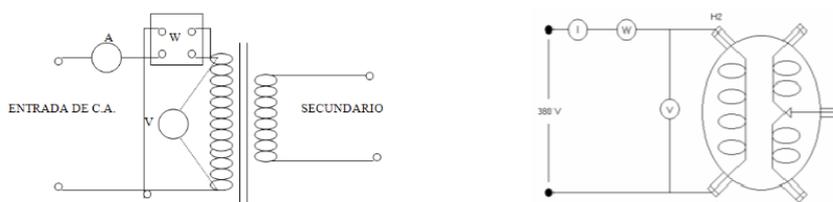


Figura 46. Método para la medición de las pérdidas de vacío

- ***Prueba de resistencia de aislamiento***

Esta prueba verifica que los aislamientos del transformador bajo prueba cumplen con la resistencia mínima soportable bajo la operación a la que serán sometidos, así como de comprobar la no inadecuada conexión entre sus devanados y tierra para avalar un buen diseño del producto y que no exista defectos en el mismo [55]. Las pruebas de resistencia de aislamiento deberán realizarse con los circuitos de igual voltaje conectados entre sí y los circuitos de diferente voltaje deberán ser probados por separado, por ejemplo:

- Alta tensión vs. Baja tensión.
- Alta tensión vs. Tierra.
- Baja tensión vs. Tierra.
- Neutro vs. Tierra (En el caso de que el neutro no esté conectado directamente a tierra).

Esta prueba se realiza con la finalidad de incrementar la exactitud del estado de prueba de los aislamientos de un transformador. La prueba debe ser interrumpida inmediatamente si la lectura de la corriente comienza a incrementarse sin estabilizarse. Podrían presentarse descargas parciales durante las pruebas de resistencia de aislamiento que puedan causar al transformador bajo prueba y también arrojar resultados erróneos en los valores de las lecturas de medición, para este caso se deberá hacer una pausa y continuar posteriormente con la prueba.

Después de que la prueba haya sido completada se deberán aterrizar por un periodo de tiempo suficiente para liberar cualquier carga que haya quedado atrapada [55].

MÉTODO DE MEDICIÓN: Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006

El método general utilizado para medir la resistencia de aislamiento está ilustrado en el gráfico siguiente:

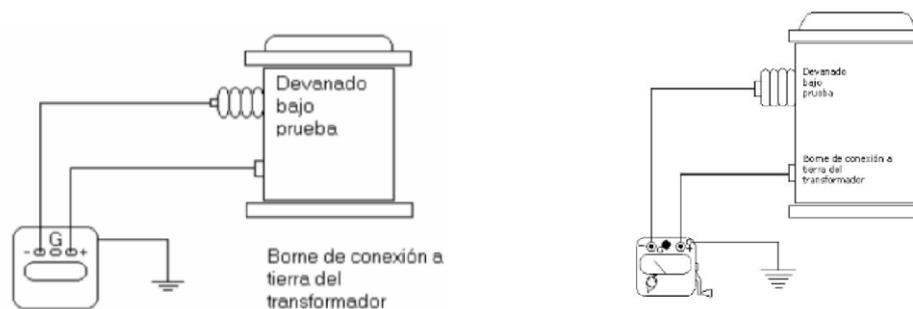


Figura 47. Conexiones del megómetro para la medición de la resistencia de aislamiento de un transformador

- ***Instrumentos de medida***

Se emplean equipos de medición e inyección de voltajes e intensidades respectivas para cada una de las pruebas eléctricas realizados a los transformadores monofásicos y trifásicos. Para la ejecución de las actividades de comprobación, se usan estos

equipos que permiten calcular las pérdidas en el cobre y la pérdida en los devanados. Y con esos valores obtenidos poder compararlos con las cifras de cumplimiento de las normativas INEN para transformadores que maneja la empresa. En la Tabla 29, se indican los principales equipos de medición y las magnitudes de tensión asociadas.

Tabla 29. Riesgos eléctricos presentes en las pruebas eléctricas al transformador

Prueba eléctrica al Transformador	Instrumento de medida	Riesgo Eléctrico
Prueba de resistencia de aislamiento del transformador	Medidor Óhmetro, marca: METREL, modelo: MI 3205 Tera OhmXA 5kV	Valores de prueba de aislamiento de 500V, 1000V, 2500V y 5000V.
Prueba de relación-transformación	TTR trifásico marca Megger Medidor DTR, marca: megger, modelo: 8510 single-phase-transformer	Corriente de excitación ajustable desde 0 hasta 500 mA.
Prueba de resistencia de bobinados del transformador	Marca: Tinsley, modelo: 5896 Transformer microhmeter 25 A	Corriente máxima de 25 amperios (A).
Prueba de pérdidas en el núcleo	Transformador monofásico	120/240 (V)
	Transformador trifásico	120/208 (V)
Prueba de pérdidas en el cobre	Transformador monofásico	120/240 (V)
	Transformador trifásico	120/208 (V)
Prueba de pérdidas en el núcleo Prueba de pérdidas en el cobre	Módulo de voltaje monofásico	0 a 280 (V)
Prueba de pérdidas en el núcleo Prueba de pérdidas en el cobre	Módulo de voltaje trifásico	0 a 280 (V)

3.2.2 Diagnóstico de las condiciones laborales actuales

a. Aplicación de la lista de chequeo

El checklist fue aplicado en el área de trabajo de los laboratorios de la Empresa Eléctrica, conforme a las actividades y tareas que se realizan en media y baja tensión, recolectando datos de forma ordenada en un tiempo de 30 a 60 minutos, donde parte de la información obtenida fue proporcionada por el jefe del laboratorio.

Para obtener la evaluación global del área de trabajo en el laboratorio de pruebas, fue conveniente que la ficha de observación contenga preguntas relacionadas con diferentes criterios. Se revisó las condiciones del lugar de trabajo, seguridad estructural, infraestructura, dimensiones del lugar de trabajo, suelos, aberturas,

desniveles, vías de circulación, vías y salidas de evacuación, señalización y alumbrado de emergencia, incendios, extintores, detección y alarma, condiciones de seguridad eléctrica, orden y limpieza, capacitación, uso de EPP e investigación de accidentes.

Los trabajadores se mueven por las diferentes zonas dentro de la instalación, por lo que la ficha de observación se realizó de forma general y se aplicó a todo el personal del laboratorio de pruebas. Este análisis se lo realizó con el propósito de identificar los posibles riesgos eléctricos laborales inherentes a las actividades. La información que se obtuvo de esta ficha fue los posibles peligros que existen en esta área de trabajo. Por ende, se presenta una sola ficha de forma resumida (Anexo B), referente a la condición de seguridad en el lugar de Trabajo y respecto de la condición de seguridad en instalaciones eléctricas. Cada una con diferentes parámetros para identificar las acciones que ponen en riesgo la salud de los trabajadores de forma directa e indirecta en la realización de sus actividades.

En la Tabla 30, se observa el checklist de verificación, con detalles de fácil comprensión y observaciones adicionales, los mismos que son mencionados para dar a conocer posibles mejoras o acciones recomendadas a seguir. Dicho formulario consta de varios reactivos, y fue redactado con doble opción de respuesta. La respuesta afirmativa (SI), indica que la condición observada preventiva existe, mientras que, la respuesta negativa (NO) indica que la medida preventiva no existe o no se tiene un grado de cumplimiento aceptable, por tanto, se presenta una deficiencia que corregir.

Tabla 30. Checklist de la situación actual del laboratorio de transformadores

Empresa	Empresa Eléctrica Regional Centro Norte S.A.			
Dirección Sucursal	Complejo Eléctrico Catiglata			
N° Trabajadores	4, 3 ingenieros operadores y 1 ingeniero de supervisión			
Nombre encargado del Laboratorio	Ingeniero Sebastián Garzón			
Agencia	Ambato centro			
Objetivo	Verificar la existencia de las condiciones de seguridad necesarias en la instalación del laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores de la EEASA.			
Condición de Seguridad – Lugar de Trabajo				
Personal				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
1	En situación de emergencia, se permite una rápida y segura evacuación del personal	X		
2	Los trabajadores han recibido información sobre las medidas de prevención y protección aplicables	X		Si se han llevado campañas sobre seguridad laboral
3	Solamente el personal autorizado y debidamente capacitado tiene acceso a las instalaciones	X		
4	Las personas que operan máquinas eléctricas estacionarias se encuentran sobre un material aislante		X	No se observa la presencia de alfombra aislante
5	Los trabajadores que realizan labores en circuitos abiertos (des energizados) utilizan los equipos de protección personal y siguen los procedimientos adecuados para llevar a cabo dichas tareas		X	El personal encargado del mantenimiento a veces realiza acciones arriesgadas debido a la aparente facilidad de la tarea.
6	Para acceder a las áreas de tableros eléctricos se muestran credenciales de permiso		X	No se ha implementado esta práctica en la instalación
7	Solamente el personal cualificado y autorizado, con una orden, puede habilitar la instalación o retirar candados o etiquetas	X		Los empleados de la EEASA a cargo del mantenimiento de todas las instalaciones de distribución de energía son los responsables de llevar a cabo esta tarea.
8	El personal encargado de llevar a cabo pruebas en transformadores está especializado en esta tarea	X		Debido a los años de experiencia se sienten seguros de realizar su trabajo
Seguridad Estructural				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
9	Las condiciones estructurales tienen una solidez adecuada a las actividades previstas	X		Las áreas del complejo son adecuadas para el almacenamiento de materiales
10	Techos y cubiertas ofrecen suficiente garantía para efectuar los trabajos, o se proporcionan los equipos de protección individual necesarios	X		
11	El acceso a techos y cubiertas sin suficientes garantías de resistencia, lo realiza personal con los EPP's necesarios	X		Personal calificado emplea plataformas móviles para llevar a cabo esta actividad
12	Están protegidas las zonas de paso junto a instalaciones peligrosas		X	Se recomienda proteger hasta una altura mínima de 2.5 m
13	Los espacios de trabajo están protegidos de posibles riesgos externos a cada puesto	X		
14	El acceso, permanencia y salida de trabajadores a espacios confinados y a zonas	X		

	con riesgo de caída, caída de objetos está controlado			
15	Las escaleras fijas y medios de acceso metálicos sometidos a la intemperie, se encuentran en buenas condiciones de uso		X	Existe escalera fijas y medios de acceso metálicos, pero se encuentran obsoletos y se recomienda reparación
16	Se observan hábitos correctos de trabajo en el uso de escaleras manuales	X		El personal se encuentra adiestrado en su utilización
17	Es adecuada la iluminación de cada zona (pasillos, espacios de trabajo, escaleras) a su acometido específico	X		Se respetan la iluminación en los espacios establecidos para las pruebas
Dimensiones				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
18	Hay 3 metros de altura de suelo a techo	X		La instalación interna tiene un amplio espacio
19	2 m ² de superficie libre por trabajador y 10 m ³ de volumen	X		
20	Si no se dispone de espacio suficiente en el puesto, existe espacio suficiente en las proximidades	X		
21	La anchura de las vías de circulación de personas o materiales es suficiente	X		Se consideran una distancia requerida para el paso peatonal de 1 metro
22	Los portones destinados a la circulación de vehículos son usados por los peatones sin riesgos para su seguridad	X		Existe señalización para movilización de unidades de transporte de materiales
23	Las dimensiones adoptadas permiten realizar movimientos seguros		X	El espacio donde se llevan a cabo las pruebas no es tan espacioso
Suelos, aberturas y desniveles				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
24	Suelos fijos, estables y no resbaladizos	X		
25	Suelos sin irregularidades ni pendientes peligrosas	X		El suelo destinado para las pruebas es plano sin pendientes
26	Están protegidas las aberturas en el suelo, los pasos y las plataformas de trabajo elevadas	X		
27	Barandillas de materiales rígidos, con altura mínima de 90 cm, impiden el deslizamiento de personas por debajo o la caída de objetos (rodapiés)	X		Si se encuentran instaladas barandillas en el complejo eléctrico
Vías de circulación				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
28	Dimensiones adecuadas al número de usuarios	X		Se respetan las distancias de paso peatonal
29	Se mantiene un ancho superior a 1 metro en cualquier pasillo	X		Se observa esta condición mediante la inspección visual
30	Separación entre paso de peatones y vehículos. Los pasillos por los que circulan vehículos permiten el paso de personas sin interferencias	X		Las vías de circulación se encuentran señalizadas
31	Vías de tránsito de vehículos distanciadas de cruces con puertas, pasillos de peatones, escaleras	X		
32	Si procede, está señalizado el ancho de la vía	X		Se cumple esta situación
Vías y salidas de evacuación				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
33	Desembocan lo más directamente posible en la zona segura	X		
34	Se mantienen libres de obstáculos	X		Las salidas de evacuación en ocasiones se obstaculizan con los

				materiales que se emplean en las actividades
35	Número y dimensiones acordes con el riesgo y la ocupación	X		
36	Puertas de emergencia con apertura hacia el exterior, con sistema de apertura fácil y señalizadas		X	No se han implementado aún este tipo de medidas preventivas y esta área de pruebas no tiene señalética de salida de emergencia
Señalización y alumbrado de emergencia				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
37	Están señalizadas las salidas y vías de evacuación	X		En la parte exterior de las instalaciones si se observa
38	Están señalizados los equipos de protección de incendios	X		
39	Está señalizado el riesgo eléctrico		X	En algunas zonas de trabajo aún no se han señalado las condiciones de riesgo
40	Se encuentra señalizado la prohibición de fumar en archivos y almacenes	X		Si se observa está señalética en la bodega de almacenamiento de materiales
41	Está señalizada la ubicación del botiquín		X	Se tiene botiquín de primeros auxilios, pero no cuenta con la señalética apropiada en el área
42	Existe la instalación de alumbrado de emergencia		X	No se ha implementado esta tipo de señalización en las áreas de trabajo
Incendios				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
43	Se dispone de un manual de autoprotección o plan de emergencia		X	Este tipo de planes aún no han sido desarrollados para esta área de pruebas eléctricas en transformadores
44	El plan de emergencia lo conoce todo el personal	X		El personal si tiene el conocimiento del plan de emergencia general para el complejo eléctrico
45	Disponen de suficientes vías de evacuación y salidas al exterior para el aforo local	X		Los puntos de encuentro son los adecuados y hay espacio amplio
46	Disponen de iluminación de emergencia		X	En las áreas de capacitación del personal si encuentra instalado, sin embargo en el laboratorio no se observa esta condición
Extintores				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
47	Son adecuados al tipo de fuego previsible	X		Se usa el extintor de bióxido de carbono para fuegos clase BC
48	Emplazamientos visibles y accesibles		X	El extintor si se encuentra visible pero no está debidamente instalado
49	Colocados sobre parámetros a menos de 1,50 m del suelo		X	El extintor si se encuentra visible pero no está debidamente instalado
50	Recorrido desde cualquier punto al extintor más cercano menor de 15 metros	X		El extintor si se encuentra en las instalaciones del laboratorio
51	Precintos intactos	X		El precinto si se encuentra en buenas condiciones
52	Revisión trimestral, anual y prueba de presión cada cinco años	X		Los operadores si llevan a cabo una inspección adecuada
53	Documentación/registro	X		Hay documentación y registro que está a cargo del área de seguridad industrial

Orden y limpieza				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
54	Zonas de paso delimitadas y circulaciones libres de obstáculos	X		Hay circulación libre para el personal, pero las zonas de paso no están señalizadas en el área
55	Son correctas las características del suelo y se realiza limpieza periódica	X		
56	El espacio de trabajo está ordenado, libres de obstáculos y con el equipamiento necesario	X		El personal realiza la limpieza rutinaria
57	Se eliminan con rapidez las manchas de residuos y sustancias peligrosas		X	Se observa que hay presencia de residuos de mantenimiento y no hay un área adecuada para el almacenaje
58	Las operaciones de limpieza se efectúan garantizando la seguridad y la salud de los trabajadores	X		Se llevan a cabo buenas prácticas de trabajo
59	Se evita la exposición a temperaturas y humedades extremas	X		Si se evita la exposición y es importante por el peligro de humedad en el aceite del transformador
60	Humedad relativa entre 30 y el 70%	X		La zona de confort es adecuada para el ambiente de trabajo
61	Las corrientes de aire no producen molestias a los trabajadores	X		El recinto de pruebas se encuentra cerrado
62	Distribución adecuada de entradas de aire limpio y salidas de aire viciado	X		Existe ventilación natural en la instalación
Investigación de accidentes				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
63	Se han producido incidentes con respecto a la inspección de seguridad anterior y han sido adecuadamente investigados determinándose acciones correctivas	X		El departamento de seguridad está a cargo del análisis de los índices de accidentes laborales
TOTAL		48	15	
Condición de Seguridad – Instalación eléctrica				
Condiciones Generales de la infraestructura y lugar de trabajo				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
1	La instalación eléctrica está aprobada por la autoridad competente	X		La empresa sigue normativas nacionales e internacionales
2	Su diseño, ejecución, transformación, ampliación es realizada por personal certificado	X		
3	Los cables y/o conductores cumplen con el código de colores	X		Se diferencian los colores de los cables de conexión de los equipos de prueba de medición
4	Los cables y/o conductores son aislados	X		
5	La altura mínima del tendido eléctrico a la intemperie es de 4m	X		Mediante inspección visual se observa esta condición
6	Los interruptores de tableros de distribución tienen tapas protectoras y son de material aislante	X		
7	Se cumple con las distancias de seguridad mínima a tendidos eléctricos	X		Los técnicos operarios están informados o siguen la normativa RETIE
8	Cuenta el personal con habilidades competentes para realizar el trabajo			
9	Existen señales de advertencia de riesgo eléctrico en las áreas de trabajo		X	No se ha implementado aún los rótulos de fuentes de peligro
10	Se dispone de EPP homologado	X		Se dispone EPP básico para las tareas que desempeñan

11	Se ha realizado un análisis de la incidencia de energía para los EPP		X	Cuentan con EPP's básicos para la tarea sin embargo no se ha desarrollado un estudio referente a la selección de EPP adecuado ante el peligro de arco y choque eléctrico
12	Se verifica que el cableado este firme, en su lugar y apoyados independientemente	X		El cableado de la instalación se encuentra instalado de buena forma
13	Se cuentan con equipos de seguridad para realizar trabajos en altura	X		Al personal se le ha brindado el EPP domo trepadora, línea de vida y cinturón liniero
14	La instalación general dispone de puesta a tierra (TT) revisado e interruptores diferenciales dispuestos por sectores	X		Si se cuenta con un sistema de puesta a tierra y hay existencia de interruptores diferenciales
15	El emplazamiento no está mojado (impregnado de humedad)	X		El emplazamiento de las pruebas se mantiene por lo general seco
16	El local presenta riesgo de incendio y explosión al existir sustancias susceptibles de inflamarse o explosionar	X		Existe el riesgo de explosión en las pruebas de transformadores por circunstancias como sobrecarga, cortocircuitos internos o falla de aislamiento
17	Las canalizaciones fijas por el suelo disponen de protección mecánica	X		Existen canalizaciones fijas a través de tubos conductores
18	Las instalaciones eléctricas cuentan con sistemas de protección en caso de fluctuaciones en el suministro de corriente	X		
19	Todos los equipos están correctamente conectados a tierra	X		
20	Los cables de las máquinas de pruebas eléctricas para transformadores están protegidos con tuberías y asegurados a la pared u otros soportes		X	No se observa esta condición de seguridad puesto que los cables están desprotegidos
21	El espacio destinado a las pruebas se mantiene en un estado óptimo de organización y limpieza, sin objetos almacenados en él		X	No hay correcta organización y hay presencia de residuos almacenados en el recinto
22	Durante el mantenimiento de fusibles, se mantienen extintores cerca del área de trabajo	X		Se cuentan con extintores en el área del laboratorio
Tableros eléctricos provisionales				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
23	Los paneles de distribución permanecen cerrados y cuentan con una clara señalización e identificación	X		
24	La instalación eléctrica cuenta con un tablero general de distribución y dispone de protección contra intensidades	X		Existe un tablero general de distribución en el complejo eléctrico el cual está cerrado y al cual accede solo personal especializado
25	El tablero general se encuentra a la vista y en un lugar de fácil acceso	X		Se encuentra apartado en un punto específico para que no interfiera con las actividades
26	Los tableros son de material no combustible o auto extingible, aislante, resistente a la humedad y a la corrosión	X		El tablero se encuentra protegido por un gabinete aislante
27	Los circuitos están protegidos con interruptores automáticos y protectores diferenciales	X		
28	Las puertas de los tableros eléctricos están señalizadas con "Peligro eléctrico"	X		Se observa la señalética respectiva al exterior del gabinete de seguridad

29	Los circuitos están identificados	X		Existe la documentación respectiva del diagrama unifilar
30	Los tableros que están a la intemperie tienen una visera que la proteja de la lluvia	X		Están ubicados dentro de un compartimiento general para tableros de distribución
31	Son inspeccionados frecuentemente los tableros de distribución	X		Los inspectores tienen actividades de inspección cada tres meses
32	Se carece del sistema de neutro aislado (IT) y dispositivos de corte automático (fusibles o interruptores diferenciales)		X	Este sistema ofrece una protección intrínseca e integral contra los voltajes de contacto
Extensiones Eléctricas				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
33	El recubrimiento del cable conductor se encuentra en buen estado: sin cortes, cables desnudos, sin exceso de uniones		X	Se observa que en ciertos cables conductores hay roturas y no se encuentran en buen estado
34	Los enchufes de las extensiones son de tipo industrial	X		Se emplean extensiones industriales preferiblemente
35	Las extensiones se encuentran por vía aérea		X	
36	Se inspeccionan antes de ser utilizadas las extensiones eléctricas		X	Por costumbre de la actividad rutinaria que realizan no se revisa el estado las extensiones eléctricas
37	Las clavijas y bases de enchufes son correctas y sus partes en tensión son inaccesibles cuando la clavija está parcial o totalmente introducida	X		
38	Los conductores eléctricos mantienen su asilamiento en todo el recorrido y los empalmes y conexiones se realizan de manera adecuada		X	Hay presencia de roturas y las condiciones no son las adecuadas
39	Los equipos eléctricos, receptores fijos y tomas de corriente están protegidos contra proyecciones de agua	X		
40	Las tomas de corriente, clavijas disponen de una protección adecuada para las condiciones de utilización	X		
Herramientas y Equipos				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
41	Los motores eléctricos cuentan con interruptores de encendido y apagado	X		En el laboratorio cuenta con breakers e interruptor de alimentación de encendido y apagado
42	Los conductores y enchufes de las herramientas y equipos se encuentran en buen estado		X	Los conductores de algunos equipos de medición no cuentan con el espacio adecuado de uso y hay presencia de roturas
43	La grúa de izaje cuenta con un tablero independiente	X		La grúa para izaje de transformadores tiene un tablero de control propio
44	Se cuenta con herramientas suficientes para realizar las tareas	X		El personal cuenta con herramientas necesarias para las actividades de mantenimiento o instalación de transformadores
45	Se inspeccionan frecuentemente las herramientas y equipos		X	El personal del área raramente verifica el estado de los equipos que utilizan, solo se dan cuenta en el momento de su uso
46	El mango de agarre de las herramientas de mano está recubierto por material aislante o sigue dentro de su vida útil		X	Algunas herramientas de sujeción o pinzas no tienen un material aislante adecuado y el personal no se percata de esta condición insegura

47	Actualización periódica de nuevas herramientas tecnológicas		X	Falta de un cronograma de actualización e inspección de las herramientas empleadas
48	Se comprueba si hay piezas rotas o dañadas y contaminadas por materiales extraños		X	El exceso de confianza y la presión de tiempo en las actividades diarias no permite al operario comprobar el estado de los conductores
49	Los equipos de medición cuentan con medidas para evitar un funcionamiento inadecuado del circuito	X		Los equipos de medida cuentan con indicadores para saber si están deteriorados
50	Hay un plan de mantenimiento programado para todos los equipos de pruebas en la instalación eléctrica		X	El mantenimiento se realiza de manera eventual y sin una programación específica, generalmente cuando los equipos presentan fallas
Actividades				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
51	Las labores se llevan a cabo bajo la supervisión de un encargado de la actividad correspondiente	X		El jefe supervisor de grupo asigna las labores de mantenimiento a cargo del personal encargado de las instalaciones de distribución de energía
52	Existe una orden de trabajo respaldada por una comunicación previa al jefe del departamento		X	El jefe de grupo asigna las labores respectivas, pero se carece de una orden de trabajo eléctrico
53	El técnico realiza la limpieza de su área de trabajo antes de comenzar su labor	X		El área de trabajo se mantiene limpia
54	Se asegura de que no se realicen conexiones, desconexiones o ajustes en equipos eléctricos que carezcan de etiquetas de seguridad	X		El personal coloca candados de seguridad durante las tareas de mantenimiento que lleva a cabo.
55	El supervisor encargado de las labores de mantenimiento a transformadores se encarga de verificar las características de operación, diseño y montaje con el propósito de proporcionar la mejor protección ante posibles riesgos para el personal que trabaja en el área	X		El ingeniero supervisor se encarga de estas actividades, sin embargo, no se cuenta con un manual de procedimientos respectivo para cada tarea
56	Previo a asegurar la zona de trabajo, el electricista verifica que el interruptor está abierto mediante la medición del voltaje a tierra	X		El personal encargado de mantenimiento cumple con esta actividad de verificación previa
57	Se verifica el buen estado de los candados y etiquetas	X		
58	El personal cuenta con documentación previa sobre el área de trabajo (voltaje, frecuencia, ficha técnica de transformadores, tipo y composición del circuito)	X		Se cuentan con las hojas técnicas de los transformadores que ingresan al laboratorio y también se disponen de las normativas INEN de comprobación
59	Se verifica que existe continuidad de los conductores conectados a tierra		X	El técnico operario en ocasiones no comprueba que el sistema de puesta a tierra esté funcionando
60	La tarea involucra conductores energizados o partes de circuitos expuestos	X		Las tensión e intensidades que se inyectan para las pruebas eléctricas en media tensión no cuentan con adecuado aislamiento
61	Se utiliza protección básica para contacto directo o indirecto con circuitos expuestos	X		El personal cuenta con el EPP básico requerido para estas tareas

62	Se comprueba la continuidad y la integridad de los conductores eléctricos	X		
63	Se verifica la temperatura de las redes eléctricas	X		Se utiliza el termómetro digital infrarrojo para determinar la temperatura inicial y final de las pruebas
64	Existen partes del cuerpo que se encuentren dentro del límite de arco eléctrico	X		En estas inspecciones se corre el potencial peligro de contacto directo que puede ocasionar un arco eléctrico
65	Los trabajos se realizan con las condiciones climáticas adecuadas	X		Cuando existen condiciones adversas, el trabajo de mantenimiento o de comprobación no se realiza
66	Se observa una ejecución correcta del trabajo y se verifica el cumplimiento de las “5 reglas de oro”	X		
67	En trabajos de proximidad de líneas eléctricas de alta tensión se adoptan medidas antes del trabajo para evitar el posible contacto accidental	X		Se siguen los conocimientos adquiridos en las charlas de seguridad respecto del manejo de energías peligrosas
68	Los trabajos de mantenimiento de tableros de distribución se realizan por personal formado y con experiencia y se dispone de elementos de protección exigibles	X		Solo personal calificado, que tenga una certificación ingresa a la manipulación de tableros de distribución
69	Es adecuado el mantenimiento de los transformadores respecto de la apertura y sustitución de elementos (cajas cerradas, sin roturas, todos los tornillos puestos, canalizaciones, aislamiento)	X		
Capacitación				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
70	A los trabajadores se les brinda formación sobre cómo actuar en caso de accidentes relacionados con la electricidad y cómo administrar primeros auxilios	X		El departamento de seguridad industrial de la EEASA lleva a cabo charlas informativas de forma trimestral
71	Se le proporcionaron al técnico operador instrucciones previas acerca de los posibles riesgos asociados a la tarea que va a realizar	X		El personal cuenta con conocimientos de riesgos eléctricos referente a la realización sus actividades rutinarias
72	Los trabajadores que operan los equipos y herramientas han sido capacitados	X		Cuentan con la información de capacitación
73	Se establecen normativas de seguridad y protocolos específicos para labores con baja, media y alta tensión	X		Es necesario contar con una licencia para intervención en trabajos eléctricos, por lo cual se capacita al personal en conocimientos actualizados respecto de la manipulación de redes de alta, media y baja tensión
74	El personal que realiza trabajos en alta tensión está cualificado y autorizado para la actividad	X		El personal cuenta con conocimientos sobre la realización de trabajos relacionados con la manipulación de redes de alto voltaje
75	El personal ha recibido charlas de seguridad sobre RCP y qué hacer ante efectos por quemaduras	X		
TOTAL		Cumple 58	No cumple 17	

Porcentajes de cumplimiento	
Condición de seguridad – lugar de trabajo	
- Cumple: 48	- % cumplimiento: 76,19 %
- No cumple: 15	- % no cumplimiento: 23,81 %
Condición de seguridad – instalación eléctrica	
- Cumple: 58	- % cumplimiento: 77,33 %
- No cumple: 17	- % no cumplimiento: 22,67 %

- **Análisis de lista de chequeo**

A continuación, se lleva a cabo un análisis de cada uno de los criterios que conforman la lista de verificación, abordando tanto las condiciones de seguridad en el lugar de trabajo como el entorno de la instalación eléctrica. Además, se examinan las posibles repercusiones negativas que podrían afectar al personal del área de laboratorio de transformadores de la EEASA.

Condición de Seguridad – Lugar de Trabajo

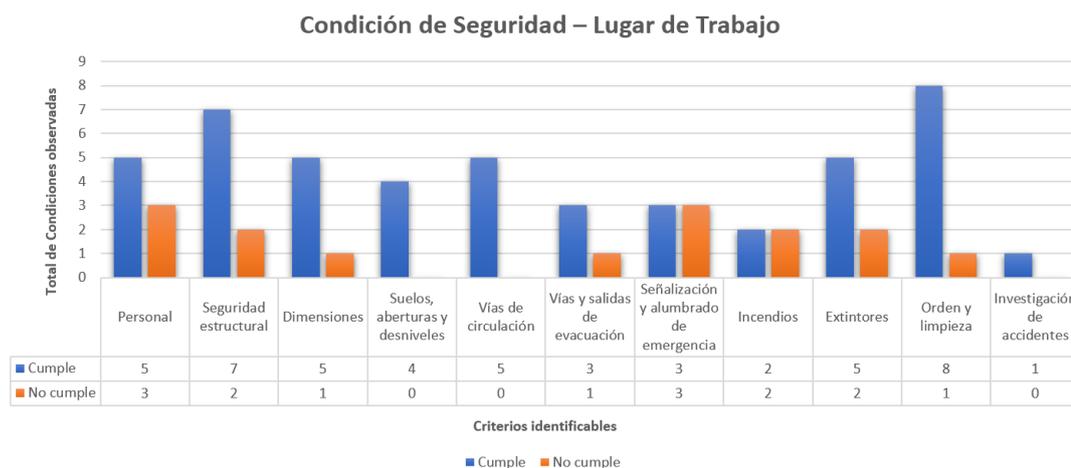


Figura 48. Resumen general de criterios de condiciones de lugar de trabajo

Interpretación:

Personal: con los resultados obtenidos de la lista de verificación en cuanto al personal que trabaja en las instalaciones de pruebas eléctricas en la instalación del laboratorio ubicado en el Complejo eléctrico Catiglata de la EEASA, se puede observar que en 3 parámetros no cumplen una condición favorable, esto debido a que el personal encargado de tareas de mantenimiento en ocasiones realiza acciones arriesgadas o no presentan credenciales de permiso para acceder a las áreas peligrosas no autorizadas de las instalaciones del laboratorio, las cuales pueden ser desencadenante de algún tipo de accidente laboral o afectar en las actividades cotidianas de las pruebas.

Seguridad estructural: respecto a este criterio se observa 2 deficiencias por mejorar en cuanto a no se encuentran protegidas las zonas paso junto a las instalaciones peligrosas, y las escaleras fijas y medios de acceso se encuentran obsoletos y se necesita de una reparación. Mientras que, la estructura del laboratorio si cuenta con una la solidez adecuada para realizar las actividades actuales, así como los techos y cubiertas si ofrecen la suficiente garantía para efectuar los trabajos de pruebas eléctricas.

Dimensiones: en muchas de las condiciones observadas se cumple con las dimensiones adecuadas de infraestructura, hay 3 metros de distancia entre el techo y el suelo, así mismo si existe un área de 2 m² libres por trabajador y el ancho de circulación es el adecuado. Sin embargo, existe una deficiencia respecto a que el espacio donde se realizan las operaciones de pruebas eléctricas no es el suficiente para realizar estas labores.

Vías y salidas de evacuación: respecto a este criterio se cumplen con la mayoría de las condiciones favorables, es así que, respecto de las vías y salidas de evacuación se encuentran acorde y las mismas confluyen directamente a una zona segura. Además, se mantienen libres de obstáculos para que en un caso de emergencia el personal pueda salir por estas vías. Sin embargo, se notó que aún no se han implementado algún tipo de medida preventiva como la implementación de puertas de emergencia con apertura fácil y señalización respectiva.

Señalización y alumbrado de emergencia: en tres condiciones observadas existe deficiencia en cuanto a que en ciertas zonas de trabajo aún no se han señalado los posibles eventos de riesgo eléctrico potencial, ni se ha implementado la señalización de alumbrado de emergencia en caso de evacuación. Además, se inspeccionó que el botiquín de primeros auxilios no cuenta con la señalética apropiada en el área. Por otra parte, se observó que, si hay la señalética de prohibición de fumar en almacenes de residuos y si existe ubicación adecuada de escaleras, están señalizadas las salidas y vías de evacuación, para cuando se necesite utilizar estos elementos y permitir el paso de personal lo más pronto posible a las zonas seguras.

Incendios: el personal menciona que el plan de emergencia no ha sido desarrollado para esta área específica y solo conocen información por las charlas recibidas de seguridad, y que solo se cuenta con el plan de emergencia general por parte del

departamento de seguridad de la empresa. Además, los mismos concuerdan que se dispone iluminación de emergencia instalado en las áreas de capacitación. Sin embargo, en las instalaciones del laboratorio no se dispone aún de la iluminación de emergencia respectiva lo cual es una condición desfavorable.

Extintores: se observa que se cumplen cinco de siete parámetros. Esto debido a que, en el área, si se utiliza extintores para fuegos de clase BC, los cuales se encuentran disponibles en las instalaciones del laboratorio junto con su manual de documentación propio. El ingeniero de supervisión lleva a cabo una inspección adecuada de manera trimestral, e inspecciona la prueba de presión y precinto intacto en el extintor. Sin embargo, existen dos falencias por mejorar, en cuanto a que el extintor no está debidamente instalado en las paredes de la instalación ni se cuenta con la señalización pertinente.

Orden y limpieza: de las nueve condiciones observadas, hay una falencia respecto al almacenamiento adecuado de los residuos sólidos, que provienen de la actividad del mantenimiento de los transformadores y no existe un área adecuada para el desecho de los mismos. Esto provoca, que el material desechado se acumule en las áreas de pruebas eléctricas y sea peligroso por los riesgos propios de las actividades de la instalación. El resto de los factores chequeados, son favorables ya que se pudo observar que hay circulación libre para el personal y se lleva a cabo buenas prácticas de trabajo como la limpieza rutinaria. Además, que la zona de confort es la adecuada para el trabajo y se cuenta con ventilación natural en la instalación.

Respecto de los demás criterios identificables como suelos, aberturas y desniveles, vías de evacuación, e investigación de accidentes mediante inspección visual se identificó que la instalación del laboratorio si cumple con las condiciones propicias para la ejecución de actividades y el departamento de seguridad se encarga del análisis de los índices de accidentes laborales que ocurren en este complejo eléctrico y del personal que labora en esta área.

Condición de Seguridad – Instalación eléctrica

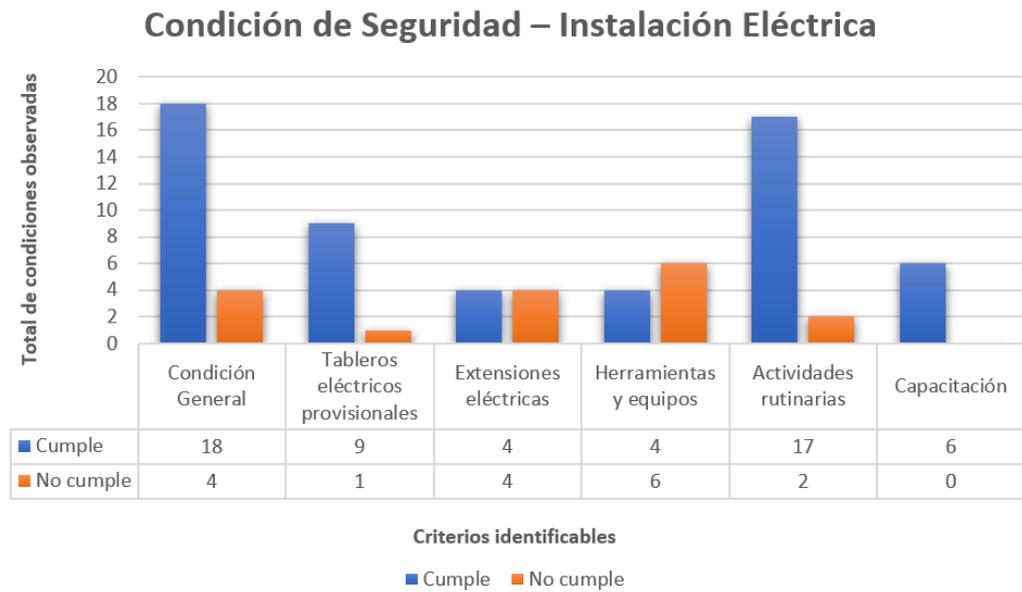


Figura 49. Resumen general de criterios de condiciones de instalación eléctrica

Interpretación:

Condición general de infraestructura: con los resultados obtenidos de la lista de verificación en cuanto al personal que trabaja en las instalaciones de pruebas eléctricas en la instalación del laboratorio ubicado en el Complejo eléctrico Catiglata de la EEASA, se puede observar que la mayoría de las condiciones se cumplen, respecto de conexión de equipos a tierra, EPP homologado para realizar trabajos en altura, distancia de seguridad mínima a tendidos eléctricos. Sin embargo, en 4 de las 22 condiciones observadas no cumplen una condición favorable, ya que se han identificado que no existen rótulos de fuentes de peligro eléctrico en las áreas de pruebas. Por otro lado, respecto al análisis de incidencia de energía para selección de EPP, no se ha desarrollado un estudio referente a la selección de estos ante peligro de arco y choque eléctrico que son frecuentes en las tareas de mantenimiento de transformadores. Además, no hay una correcta organización y limpieza, puesto que hay presencia de residuos almacenados en el recinto. Estas situaciones negativas pueden originar algún tipo de accidente laboral que afecte a los técnicos operarios en sus labores rutinarias.

Tableros eléctricos provisionales: respecto a este criterio se observa que se cumple varias condiciones de seguridad. Se reconoció que existe un tablero general de

distribución en el complejo eléctrico, el cual está cerrado y al cual accede solo el personal especializado. Este tablero está protegido por un gabinete aislante y el mismo se encuentra apartado en un lugar específico para que no interfiera con las actividades y los circuitos están protegidos con protectores diferenciales. Los inspectores de seguridad se encargan de la inspección frecuente de estos tableros de distribución. La única deficiencia detectable en este criterio es que se carece de un sistema de neutro aislado y dispositivos de corte automático.

Extensiones eléctricas: la mitad de las condiciones observadas no se cumple con el buen estado de los cables conductores, se observa que en ciertos cables de conducción hay roturas o no se encuentran en buen estado y por costumbre de la actividad rutinaria que los técnicos realizan no se revisa el estado de las extensiones eléctricas previa a las pruebas de rutina. Esta falla de aislamiento en los conductores puede ocasionar cortocircuitos, contactos directos y peligro de choque eléctrico.

Herramientas y equipos: respecto a este criterio, hay situaciones desfavorables en las condiciones de seguridad. Puesto que, los conductores de algunos equipos de medida no cuentan con el espacio adecuado de uso y tienen presencia de roturas. El personal raramente verifica el estado de estos equipos ya que solo se percatan en el momento del uso. Por otro parte, las herramientas de sujeción o pinzas no tienen un material aislante adecuado, lo que podría provocar contactos indirectos con las tensiones que se manejan en las actividades. Esto sumado a que se carece de un cronograma de actualización o inspección de las herramientas empleadas, y el mantenimiento se realiza sin una programación específica.

Actividades rutinarias: la mayor parte de las condiciones observadas presentan cumplimiento. Los jefes supervisores asignan las labores de mantenimiento al personal encargado, y se sigue la buena práctica de colocar candados de seguridad y de la inspección de estos. Así mismo, previo a asegurar la zona de trabajo, se verifica la medición de voltajes a tierra y comprueba la continuidad de los conductores eléctricos. Se observa una ejecución correcta respecto de trabajos de mantenimiento de tableros eléctricos, puesto que los operarios siguen los conocimientos adquiridos de las charlas de seguridad y aplican las conocidas 5 reglas de oro. Por otra parte, las deficiencias encontradas fueron: que los operarios que se involucran en estas pruebas eléctricas en

ocasiones no comprueban que el sistema de puesta a tierra esté funcionando, y no se cuenta con manuales de procedimiento seguro para la ejecución de estas tareas. Puesto que, la tensión e intensidades que se inyectan para las pruebas eléctricas en media y baja tensión no disponen de un adecuado asilamiento y el EPP no es el adecuado.

Capacitación: respecto de este criterio, el personal menciona que el departamento de seguridad les ha proporcionado charlas generales referentes a las consecuencias de la exposición de riesgos eléctricos frecuentes inherentes a la realización de sus actividades rutinarias. Cuentan con conocimientos actualizados sobre como manipular redes de alta, media y baja tensión. Además, en los últimos meses, han sido capacitados en temas de administración de primeros auxilios, charlas sobre RCP y actuación en caso de quemaduras por posibles arcos eléctricos.

Interpretación general de la lista de chequeo

- **Condición de seguridad - lugar de trabajo**

Según los resultados obtenidos de la lista de chequeo respecto de las condiciones de seguridad del lugar de trabajo en las instalaciones del laboratorio de pruebas de la EEASA, se determina que en gran mayoría con un 76% se cumplen ciertos parámetros: personal, seguridad estructural, dimensiones, suelos y desniveles, vías de circulación, orden y limpieza e investigación de accidentes, los cuales representan las condiciones favorables consideradas para la empresa. En tanto que, el incumplimiento de ciertos aspectos relevantes con un 24% pueden desencadenar accidentes en el ámbito laboral o impedir el normal desempeño de las actividades. La empresa eléctrica aún no ha implementado un sistema de puerta de emergencia con apertura fácil y no existe una instalación de alumbrado de emergencia para esta área de trabajo. Además, hay carencia de un plan de emergencia contra posibles incendios para el área de pruebas eléctricas en transformadores y también, el sistema de extintores no está apropiadamente instalado. Estos últimos aspectos pueden repercutir de manera negativa para la seguridad del personal del laboratorio ya que no se está cumpliendo con aspectos de seguridad que debe regir dentro de la instalación. Por ende, es necesario adoptar medidas preventivas como la identificación y evaluación de riesgos eléctricos, así como el desarrollo de un manual de procedimientos.

- **Condición de seguridad – instalación eléctrica**

Según los resultados obtenidos de la lista de chequeo respecto de las condiciones de seguridad de la instalación eléctrica en las instalaciones del laboratorio de pruebas de la EEASA, se determina, que en gran mayoría con un 77% se cumplen los criterios de: condiciones generales de infraestructura, tableros eléctricos provisionales, actividades rutinarias y capacitación del personal, los cuales representan las condiciones favorables consideradas para la empresa. En tanto que, el incumplimiento de ciertos aspectos relevantes con un 23% pueden desencadenar importantes accidentes en el ámbito laboral y que pueden repercutir de manera negativa tanto para el trabajador como para el servicio que brinda la empresa.

Tomando en cuenta que en los criterios de extensiones eléctricas y herramientas-equipos, es en donde se aprecia un gran número de incumplimientos en cuanto a condiciones de seguridad básicas en instalaciones eléctricas; lo que puede producir la mayoría de los accidentes laborales que repercuten de forma negativa para la seguridad del personal del laboratorio, al no estar cumpliendo con aspectos de seguridad que debe regir dentro de la instalación y su desempeño dentro del laboratorio. Por ende, es necesario adoptar medidas preventivas como la identificación y evaluación de riesgos eléctricos, así como el desarrollo de un manual de trabajo de procedimientos seguros para las distintas pruebas eléctricas en un transformador.

- ***Interpretación global***

Según la lista de verificación realizada para identificar posibles riesgos en las instalaciones del laboratorio de transformadores, el departamento evaluado no cumple con las condiciones de seguridad eléctrica necesarias en el área de pruebas. Además, no tiene ningún plan de emergencia ante posibles riesgos eléctricos en caso de eventos adversos. Por tanto, las personas que trabajan regularmente en este departamento, como ingenieros inspectores, técnicos operarios y choferes, no disponen de las condiciones adecuadas para hacer frente a los riesgos eléctricos derivados de sus actividades diarias en dichas pruebas eléctricas.

b. Aplicación de la herramienta de entrevista

• Aplicación de la entrevista al Ing. Carlos Solís, director del Departamento de Distribución de la EEASA

1. ¿Está familiarizado con todas las medidas de prevención de accidentes en su entorno laboral?

Como director del departamento de distribución en la empresa, es mi responsabilidad mantenerme informado sobre todas las cuestiones relacionadas con la seguridad durante la realización de las actividades laborales. Esto es especialmente crucial cuando se trata del manejo adecuado de líneas de media y baja tensión, con el objetivo de salvaguardar la vida y la integridad física de cada trabajador bajo mi supervisión.

2. ¿En el ejercicio de su cargo, tiene conocimiento de algún accidente laboral que haya involucrado a algún trabajador y cuáles fueron las repercusiones de dichos incidentes?

Sí, lamentablemente, se han registrado situaciones de accidentes con resultados desfavorables. En algunos casos, los trabajadores han sufrido lesiones permanentes, mientras que otros han perdido partes de sus extremidades superiores e inferiores, todo debido a la exposición directa durante el trabajo en líneas de media tensión. Estas situaciones dieron lugar a problemas legales que se resolvieron de manera favorable tanto para los trabajadores como para la empresa.

3. ¿El departamento de la empresa que usted dirige ha enfrentado alguna demanda legal relacionada con accidentes laborales de algún empleado?

No, nunca se han presentado este tipo de situaciones gracias a la buena relación entre directivos y trabajadores, donde prevaleció la colaboración y se otorgó siempre prioridad a la protección del trabajador. Sin embargo, debido a circunstancias imprevistas, se han presentado situaciones que han llevado a la empresa a enfrentarse a cuestiones legales, de acuerdo con lo establecido por la ley.

4. ¿Se han llevado a cabo actividades de control para el manejo de los riesgos eléctricos durante la ejecución de las labores rutinarias del personal del área del laboratorio de pruebas de transformadores de la EEASA?

Se han impartido sesiones de capacitación sobre el manejo de riesgos eléctricos durante las actividades diarias de los trabajadores en las líneas de media tensión. Lo que falta es la elaboración de procedimientos seguros y la concientización de los empleados para implementarlos y así reducir al mínimo cualquier riesgo al que puedan estar expuestos. Esta medida se aplica no solo en el laboratorio, sino que también se brinda capacitación oportuna al personal de la empresa para que estén al tanto de las medidas necesarias para contrarrestar los peligros asociados con sus labores.

5. ¿En su rol como director de este departamento, existe algún plan para asegurar que cada trabajador adquiera conocimientos sobre las normas básicas de seguridad, con el fin de prevenir los riesgos a los que puedan estar expuestos?

Como mencioné previamente, en cualquier empresa del sector eléctrico, la legislación exige la implementación de medidas de seguridad para resguardar la vida de los trabajadores. La falta de cumplimiento con estas medidas conlleva sanciones que van desde la suspensión de actividades hasta multas. La empresa eléctrica es una institución que se actualiza con los cambios referentes en materia de seguridad industrial de acuerdo con las leyes del sector eléctrico y del IESS. Por lo tanto, la responsabilidad recae tanto en los administrativos del área de seguridad industrial como en los trabajadores, y con el propósito principal de identificar las causas que llevan a situaciones que pongan en riesgo la vida de nuestro personal.

6. Según su opinión, ¿considera que los empleados de la empresa, especialmente aquellos que trabajan dentro de las instalaciones del laboratorio de transformadores que se involucran con líneas de media tensión y baja tensión, utilizan adecuadamente los equipos de protección personal?

Aunque no he presenciado personalmente estas situaciones, según los informes de los ingenieros supervisores de grupo, en muchas ocasiones, los accidentes han ocurrido debido al descuido en las conexiones, la confianza excesiva en las tareas y la falta de observancia de normas de seguridad fundamentales, como el uso de guantes, arneses, cascos y ropa adecuada (equipos de protección personal). Esto pone en peligro la vida de los trabajadores, por lo que es necesario concienciar a todos sobre la importancia de cumplir con las normas de seguridad y llevar a cabo las labores en un entorno de trabajo seguro.

7. ¿Mantiene un diálogo frecuente con los trabajadores para estar al tanto de los problemas relacionados con los accidentes que ocurren en la manipulación de las líneas de media y baja tensión en la inyección de tensiones de prueba hacia los equipos de transformación?

En mi papel como director de este departamento, y con responsabilidad en el área de transformadores y líneas energizadas, es primordial que cumpla con mi trabajo de manera responsable. Por ende, debo estar al tanto de todos los aspectos relacionados con el desarrollo de las actividades de la empresa en todas sus áreas. Mantengo una comunicación frecuente para facilitar la conexión entre los directivos de otros departamentos, incluido el responsable del área de seguridad, y los trabajadores del laboratorio de la empresa.

• ***Análisis de la entrevista al Sr. Ing. Carlos Solís, director del Departamento de Distribución de la EEASA***

Según las declaraciones del director general del departamento de distribución de la EEASA, se han implementado programas de formación sobre la prevención de riesgos eléctricos. Sin embargo, lo que falta es la concienciación de los trabajadores para cumplir con las normas de seguridad correspondientes.

Esto implica que el personal del laboratorio de transformadores, encargado de llevar a cabo pruebas eléctricas de rutina en transformadores y expuestos al manejo de tensiones en media y baja tensión, no adopta las precauciones necesarias para proteger sus vidas. Como resultado, estos trabajos se realizan sin seguir las indicaciones de un manual específico para procedimientos de trabajo seguro.

Por lo tanto, resulta imprescindible establecer un control adecuado por parte del ingeniero supervisor encargado del área, especialmente durante la ejecución de pruebas eléctricas en transformadores trifásicos y monofásicos, así como en los procesos de mantenimiento o reparación de las líneas de media tensión de estos dispositivos de transformación de energía. Se vuelve crucial concientizar a cada uno de los técnicos operarios para que cumplan con las normas de seguridad más básicas requeridas por la ley. Esto contribuiría a fomentar un ambiente seguro entre todos los trabajadores de la empresa, lo que a su vez permitiría salvaguardar vidas y evitar una serie de situaciones legales que podrían resultar en multas y perjuicios para la reputación de la empresa.

c. Análisis de encuestas a los sectores investigados

- *Encuesta aplicada al Personal Técnico Operativo del Departamento de Operación y Mantenimiento EEASA*

Área: Laboratorio de Transformadores

El propósito de esta encuesta fue identificar la necesidad de instaurar un manual de procedimientos de trabajo seguro en el laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores de distribución, con el fin de prevenir accidentes de naturaleza eléctrica. El personal técnico encuestado estuvo compuesto por cuatro técnicos electricistas que llevan a cabo pruebas eléctricas en el área de transformadores del Departamento de Operación y Mantenimiento (DOM) de la Empresa Eléctrica Ambato. Además, la misma encuesta se aplicó al personal de pasantías universitarias que realiza sus prácticas técnicas en el laboratorio, enfocadas en las pruebas eléctricas y el mantenimiento de transformadores. A continuación, se presentan las preguntas realizadas y su análisis respectivo de las respuestas a la encuesta, según el Anexo C.

Pregunta 1: ¿Está usted familiarizado acerca de los temas que abordan un manual de procedimientos de trabajo seguro?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	5	71%
No	2	29%
Total	7	100%

**PORCENTAJES
PREGUNTA 1**

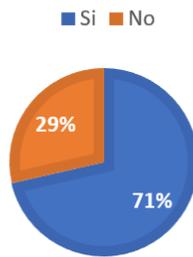


Figura 50. Relación de porcentajes a la pregunta 1

Análisis: en relación con la primera pregunta dirigida al personal técnico del laboratorio, se encontró que el 71% de los encuestados está familiarizado con lo que implica un Manual de Procedimientos de Trabajo Seguro, mientras que el 29% restante no tiene conocimiento al respecto. Es importante que todo el personal involucrado en estas actividades laborales posea un conocimiento básico de estos manuales, ya que son fundamentales para prevenir posibles accidentes en sus lugares de trabajo diarios.

Pregunta 2: ¿Considera usted que la seguridad laboral del personal encargado de realizar pruebas eléctricas en transformadores podría mejorarse mediante la implementación de un manual de procedimientos de trabajo seguro?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	6	86%
No	1	14%
Total	7	100%

**PORCENTAJES
PREGUNTA 2**

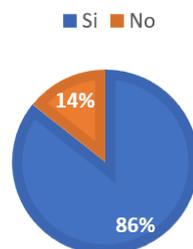


Figura 51. Relación de porcentajes a la pregunta 2

Análisis: el 86% del personal técnico del laboratorio que respondió a esta pregunta expresó la idea de que la implementación de un manual de procedimientos de trabajo

seguro es necesaria para mejorar la seguridad de aquellos que realizan las pruebas eléctricas. Estos técnicos están conscientes y reconocen la importancia de introducir mejoras en las medidas de seguridad relacionadas con sus actividades cotidianas.

Pregunta 3: ¿Está usted dispuesto a comprometerse a seguir fielmente las disposiciones descritas en caso de que la institución considere implementar un Manual de Procedimientos de Trabajo Seguro para la ejecución de las pruebas eléctricas de transformadores, con el objetivo de prevenir accidentes de naturaleza eléctrica?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	7	100%
No	0	0%
Total	7	100%

**PORCENTAJES
PREGUNTA 3**

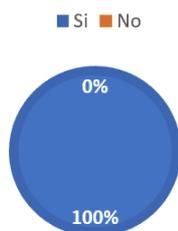


Figura 52. Relación de porcentajes a la pregunta 3

Análisis: en esta pregunta, la totalidad del Personal Técnico encuestado expresó su compromiso absoluto de seguir adecuadamente las disposiciones escritas con el fin de prevenir accidentes o incidentes de naturaleza eléctrica. Este compromiso se manifiesta en el caso de que la empresa implemente un manual de procedimientos de trabajo seguro para las actividades de pruebas eléctricas en transformadores. Es relevante destacar que el personal demostró una dedicación total en cumplir con las disposiciones escritas, en beneficio propio como empresarial, a través del desarrollo de un manual de procedimientos.

Pregunta 4: ¿Cuenta con la licencia requerida para realizar trabajos eléctricos según lo establecido por la legislación laboral?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	4	57%
No	3	43%
Total	7	100%

**PORCENTAJES
PREGUNTA 4**

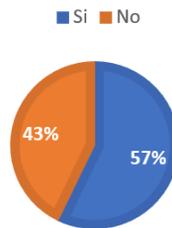


Figura 53. Relación de porcentajes a la pregunta 4

Análisis: en esta pregunta, hubo discrepancias de opiniones entre el personal técnico del laboratorio. El 57% indicó que cuenta con la licencia requerida para trabajos eléctricos conforme a lo exigido por la ley, mientras que el 43% no posee la licencia correspondiente. Se señala que la EEASA está implementando esta disposición legal de manera progresiva, y se espera que, en el tiempo adecuado, todo el personal en cada área obtenga las licencias necesarias para realizar trabajos eléctricos. La empresa está llevando a cabo capacitaciones con información actualizada en este aspecto.

Pregunta 5: ¿Emplea usted el equipo de protección personal para garantizar su seguridad personal durante la realización de las diversas pruebas eléctricas en los transformadores?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	6	86%
No	1	14%
Total	7	100%

**PORCENTAJES
PREGUNTA 5**

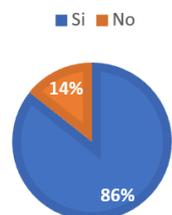


Figura 54. Relación de porcentajes a la pregunta 5

Análisis: el 86% del personal técnico del laboratorio emplea el equipo de protección personal (EPP) para preservar su seguridad durante la realización de las pruebas eléctricas en los transformadores de distribución. Por otro lado, el 14% restante del

personal técnico no utiliza el EPP, ya sea por diversos motivos, lo que supone un riesgo para su integridad física al enfrentarse a posibles accidentes o incidentes laborales inherentes a su actividad rutinaria al manipular redes de media y baja tensión.

Pregunta 6: ¿Cree usted que la Empresa Eléctrica Ambato debería contar con manuales de procedimientos de trabajo seguro con el fin de reducir la probabilidad de accidentes eléctricos?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	7	100%
No	0	0%
Total	7	100%

**PORCENTAJES
PREGUNTA 6**

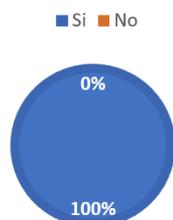


Figura 55. Relación de porcentajes a la pregunta 6

Análisis: el personal técnico que participó en esta encuesta logró una respuesta satisfactoria del 100%, ya que considera indispensable contar con un manual de trabajo seguro para reducir la probabilidad de accidentes eléctricos en la EEASA. Además, como trabajadores, expresaron la necesidad de tener acceso a este documento, específicamente en relación con los aspectos de trabajo seguro en su área laboral, que es el laboratorio de transformadores.

- *Encuesta aplicada a los Mandos Medios del Departamento de Operación y Mantenimiento*

Área laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA)

Esta encuesta se llevó a cabo con el propósito de recabar la opinión de los mandos medios en relación con la necesidad de proponer un manual de procedimientos de trabajo seguro en el laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores de

distribución. Esto con el fin garantizar la seguridad laboral durante la ejecución de las pruebas eléctricas. Dicha encuesta propuesta se encuentra en el Anexo D.

A continuación, se presentan las preguntas realizadas y su análisis respectivo.

Pregunta a: ¿Cuál de las siguientes pruebas eléctricas en el transformador cree que representa un mayor riesgo de electrocución para el personal del laboratorio de pruebas?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Prueba de relación de transformación	0	0%
Prueba de resistencia de aislamiento	3	60%
Prueba de resistencia de devanados	1	20%
Prueba de pérdidas sin carga (vacío)	0	0%
Prueba de pérdidas con carga (cortocircuito)	1	20%
Total	5	100%

Porcentajes pregunta a

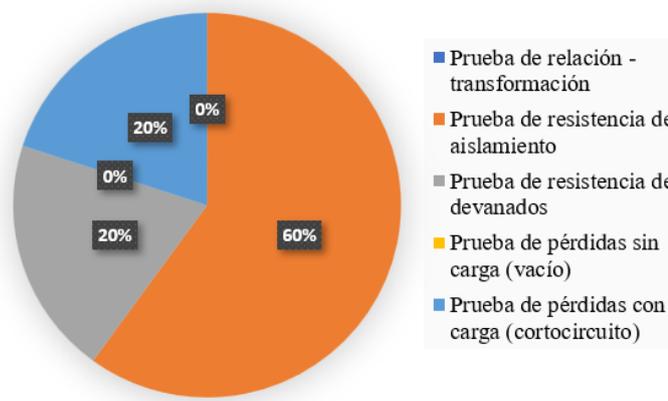


Figura 56. Relación de porcentajes a la pregunta a

Análisis: el personal de mandos medios concuerda en un porcentaje del 60%, que la prueba de resistencia de aislamiento en el transformador genera más condición de riesgo de electrocución al personal del laboratorio lo cual es muy cierto, ya que en esta prueba se induce un voltaje de prueba cerca de los 5000 V. Mientras que el 20% contesta que la prueba de resistencia de devanados es la más peligrosa y otro 20% indica que la prueba de cortocircuito es riesgosa en las operaciones de comprobación. Es importante considerar que todas las pruebas tienen su potencial riesgo eléctrico ya

que se inducen voltajes e intensidades altas y depende de acciones adecuadas para evitar incidentes.

Pregunta b: ¿Cuál sugerencia tiene usted para evitar accidentes o incidentes laborales en el laboratorio de pruebas eléctricas, que puedan mejorar la integridad física y la salud emocional del personal?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Sistema de Gestión de Seguridad Industrial	1	20%
Manual de Procedimientos para trabajo seguro	3	60%
Unidad de seguridad laboral	1	20%
Comité de seguridad laboral	0	0%
Total	5	100%

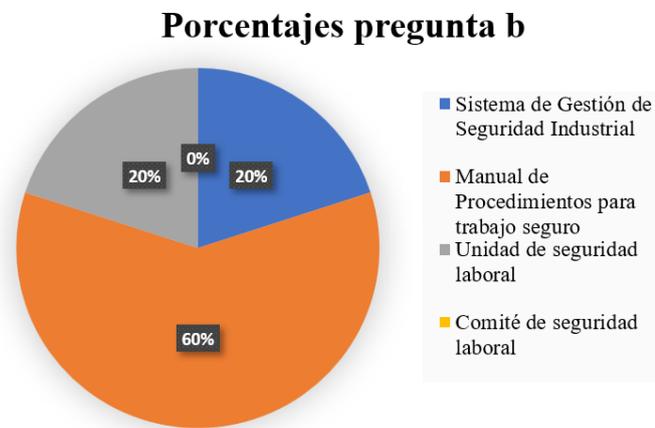


Figura 57. Relación de porcentajes a la pregunta b

Análisis: en relación con esta pregunta, el 60% del personal de mandos medios indicó que sería beneficioso que la EEASA cuente con un manual de procedimientos para trabajo seguro, con el objetivo principal de reducir los riesgos eléctricos en las zonas de mantenimiento y pruebas de transformadores. Otro 20% sugirió que la EEASA debería actualizar el sistema de gestión de seguridad, mientras que otro 20% consideró que se debería establecer una unidad de seguridad laboral para administrar los aspectos de seguridad.

Pregunta c: ¿Qué nivel de capacitación en el manejo de equipos de medición y conexión en las pruebas eléctricas del transformador considera usted necesario para asegurar la adecuada integridad física del personal operativo?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Mucha capacitación actualizada sobre gestión de riesgos eléctricos incluido la formación en normas y procedimientos	3	60%
Mediana capacitación respecto de temas en seguridad industrial y prevención de accidentes laborales	2	40%
Capacitación básica en entrenamientos de seguridad industrial	0	0%
Total	5	100%



Figura 58. Relación de porcentajes a la pregunta c

Análisis: El 60% del personal de mandos medios encuestado considera la importancia de capacitarse y de mantener actualizado el conocimiento sobre gestión de riesgos eléctricos y que incluya además la formación en normativas y procedimientos de actuación seguros. Un 40% restante, opina que la mediana capacitación relacionado a temas de seguridad y prevención de accidentes sería lo ideal por los costos que conlleva la capacitación. Por tanto, la capacitación se convierte en un soporte a la seguridad con el fin de incrementar la conciencia de seguridad en los trabajadores.

Pregunta d: ¿Cree usted que, debido a su clasificación como institución de alto riesgo, la Empresa Eléctrica Ambato debería involucrarse en la creación de Manuales de Procedimientos de Trabajo Seguro para todos sus procesos laborales?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	5	100%
No	0	0%
Total	5	100%



Figura 59. Relación de porcentajes a la pregunta d

Análisis: la totalidad de los encuestados respecto a esta pregunta está de acuerdo en que la empresa debería adentrarse en la creación de manuales de procedimientos de trabajo seguro para todas las áreas y procesos técnicos de trabajo que gestiona la institución. Esto se debe a que, al ser categorizada como una empresa de alto riesgo por los organismos de control pertinentes en cuanto a la seguridad laboral, consideran que este criterio debería ser evaluado y respaldado por la parte administrativa. Así, se podrían abordar aspectos de seguridad que abarquen a toda la institución, cumpliendo de esta con el marco legal vigente en lo que respecta a la seguridad de los trabajadores.

Pregunta e: ¿Considera usted que es esencial contar con un manual de procedimientos de trabajo seguro para las pruebas eléctricas de transformadores realizadas en el laboratorio de la EEASA?

Alternativas	Cantidad	Porcentaje
Si	5	100%
No	0	0%
Total	5	100%



Figura 60. Relación de porcentajes a la pregunta e

Análisis: la importancia de contar con un manual de procedimientos de trabajo seguro para las pruebas eléctricas de transformadores en el laboratorio es respaldada por la totalidad (100%) de los participantes en la encuesta para esta pregunta. Esto refleja que existe conciencia hacia la seguridad, indicando que la existencia de un manual descrito sería beneficioso para todos los integrantes del laboratorio de pruebas.

- ***Resultados Alcanzados de la encuesta***

Los resultados de este estudio fueron los siguientes:

Personal Técnico del Laboratorio de transformadores:

- La totalidad del personal opina que es fundamental implementar un manual de procedimientos de trabajo seguro en el laboratorio de transformadores con el objetivo de disminuir la probabilidad de accidentes.
- La 100% del personal se compromete a seguir fielmente las disposiciones escritas para prevenir accidentes o incidentes en caso de que la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. decida implementar un manual para la ejecución adecuada de las pruebas eléctricas.
- El 57% del personal afirma tener la licencia requerida para trabajos eléctricos según lo estipulado por la ley laboral, mientras que el 43% restante no cuenta con dicha licencia.

Mandos Medios (DOM):

- El 60% del personal de mandos medios, sostiene que la prueba de resistencia de aislamiento en el transformador presenta una mayor condición de riesgo de electrocución para el personal del laboratorio, ya que en esta prueba se induce un voltaje de prueba cercano a los 5000 V.
- En términos de prevención de accidentes, el 60% de los participantes sugiere que sería beneficioso que la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. disponga con un manual de procedimientos para trabajo seguro. Este manual tendría como objetivo principal reducir los riesgos eléctricos en las áreas de mantenimiento y pruebas de transformadores. Otro 20% de los

participantes indica que la empresa debería actualizar su sistema de gestión de seguridad.

- La totalidad del personal de los encuestados está de acuerdo en que la empresa debería involucrarse en la creación de manuales de procedimientos de trabajo seguro para todas las áreas y procesos técnicos que gestiona la institución. Debido a que la empresa está categorizada como de alto riesgo, y se considera que este aspecto debería ser evaluado y respaldado por la parte administrativa.

3.3 Aplicación de la metodología de evaluación del riesgo eléctrico

A continuación, se presenta un resumen de la metodología aplicada según el método IPERC, de estudio para el análisis y evaluación de riesgos laborales dispuesta en el anexo 3 de la Resolución Ministerial N.º 050-2013-TR, la cual se utiliza para gestionar los riesgos en una organización.

3.3.1 Identificación de peligros

a. Identificación de fuentes de peligro

Una vez que se han identificado las pruebas que se llevan a cabo en los equipos de transformación dentro de las instalaciones del laboratorio de pruebas del Complejo Eléctrico Catiglata, se procede a identificar las posibles fuentes de peligro que podrían surgir durante el desarrollo de estas actividades de prueba de rutina. Dichas fuentes de peligro tienen el potencial de generar riesgos tanto para los técnicos operarios como para la infraestructura de la empresa. Durante esta etapa de la metodología, se identifican de manera sistemática las causas específicas que pueden dar lugar a riesgos eléctricos para los técnicos que trabajan en el laboratorio de pruebas de transformadores.

En el laboratorio de pruebas, para realizar la identificación de peligros se efectuó aplicando la metodología ¿"What If?". Esta metodología implica plantear tres preguntas y responder de acuerdo con el criterio del evaluador. Se trata de un método creativo de tipo inductivo que ocupa de información específica del proceso interno del laboratorio de pruebas [58]. En las tablas siguientes, desde la Tabla 31 hasta la Tabla

35, se presentan las fichas de identificación de riesgo presente en cada una de las pruebas eléctricas, donde se describe cuál es su fuente de peligro, y su factor de riesgo asociado.

Tabla 31. Identificación de fuente de peligro en la prueba de relación-transformación

 FICHA PARA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO	
Datos Generales	
Razón social:	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.
Representante legal:	Ing. Luis Marcial: Presidente Ejecutivo Ing. Carlos Solís: Director de sección de Distribución
Evaluador:	Investigador del proyecto
Localización:	Complejo Eléctrico Catiglata
Código:	LT-EEASA-00
Fecha de realización:	29/11/2023
Ficha N°:	1 de 5
Identificación de la fuente de peligro	
Proceso productivo:	Generación y distribución de energía: Departamento de transformadores y líneas energizadas
Puesto de trabajo:	Técnico operario
Subproceso o actividad:	Prueba eléctrica de transformador: prueba de relación - transformación
FUENTE DE PELIGRO	
Fuente de peligro: inyección de tensión de voltaje de prueba de 80 V	FOTOGRAFÍA
Tipo de riesgo: eléctrico	Transformador trifásico Transformador monofásico
Factor de riesgo: arco eléctrico, contacto directo, contacto indirecto, descarga eléctrica, cortocircuito, cortocircuito, tensión de contacto, tensión de paso	 
1. ¿Existe una fuente de daño?	
Sí, la manipulación de red con voltaje de baja tensión (80 V)	
2. ¿Quién o qué puede ser dañado?	
Los técnicos operarios que ejecutan las actividades de prueba del transformador	
3. ¿Cómo puede ocurrir el daño?	
<p>Al realizar las conexiones de cables al transformador para ejecutar esta prueba respectiva se puede producir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un arco eléctrico a causa de los malos contactos entra las pinzas de sujeción con los bornes (bushing) del transformador. • Un contacto directo a causa de una falla de aislamiento, falta de recubrimiento de la parte activa, se ha observado también que los técnicos operarios por exceso de confianza no utilizan el elemento de protección personal y no comprueban la ausencia de tensión cuando realizan el cambio de nivel de voltaje al variar el tap conmutador del transformador. • Una descarga eléctrica en cortocircuito debido a la condición de los cables conductores, con roturas, no mantienen un aislamiento adecuado y enchufes deteriorados para la ejecución de esta prueba. • Una tensión de contacto, ya que algunas herramientas de sujeción o pinzas no cuentan con un mango de agarre recubierto por material aislante y el personal no se percató de esta condición insegura. Esto sumado a que, el piso no ofrece alta resistividad de aislamiento y no hay presencia de alfombra aislante. 	

- Una descarga eléctrica o tensión de paso debido a que en ocasiones por descuido o distracción el personal se acerca al área de ejecución de pruebas, cuando el equipo de transformación se encuentra energizado con alto voltaje y se observó que no se han instalado barreras de protección aislantes.
- Un contacto indirecto con la carcasa del transformador puede originarse por una falla en el sistema de aislamiento o descarga, así como la ausencia de una puesta a tierra local de protección. Este riesgo también puede ser consecuencia de la fatiga, acciones repetitivas del técnico operario después de realizar más de 10 pruebas eléctricas, lo que podría llevar a cometer una acción insegura al descuidar la conexión o cambiar los cables conectores de la puesta a tierra.

Tabla 32. Identificación de fuente de peligro en la prueba de resistencia de bobinados

		FICHA PARA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO			
Datos Generales					
Razón social:	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.	Representante legal:	Ing. Luis Marcial: Presidente Ejecutivo Ing. Carlos Solís: Director de sección de Distribución		
Evaluador:	Investigador del proyecto				
Localización:	Complejo Eléctrico Catigлата	Código:	LT-EEASA-00		
Fecha de realización:	26/11/2023	Ficha N°:	2	de	5
Identificación de la fuente de peligro					
Proceso productivo:	Generación y distribución de energía: Departamento de transformadores y líneas energizadas				
Puesto de trabajo:	Técnico operario				
Subproceso o actividad:	Prueba eléctrica de transformador: prueba de resistencia de bobinados				
FUENTE DE PELIGRO					
Fuente de peligro: inyección de intensidades de prueba en rango de escalas de (250 mA, 100 Ω) para media tensión y escala de (5A, 1 Ω) para baja tensión	FOTOGRAFÍA				
Tipo de riesgo: eléctrico	Transformador trifásico		Transformador monofásico		
Factor de riesgo: arco eléctrico, contacto directo, contacto indirecto, descarga eléctrica, cortocircuito, cortocircuito, tensión de contacto, tensión de paso					
1. ¿Existe una fuente de daño?					
Si, la exposición a corrientes de inyección en los rangos descritos por su peligrosidad y la inadecuada manipulación de red en baja tensión					
2. ¿Quién o qué puede ser dañado?					
Los técnicos operarios que ejecutan las actividades de prueba del transformador					
3. ¿Cómo puede ocurrir el daño?					

Al realizar las conexiones de cables al transformador para ejecutar esta prueba respectiva se puede producir:

- Un arco eléctrico a causa de los malos contactos entra las pinzas de sujeción con los bornes (bushing) de alta y media tensión del transformador.
- Un contacto directo puede surgir debido a una falla en el aislamiento en la parte activa. Además, se ha notado que los técnicos, en ocasiones demasiado confiados, no emplean el equipo de protección personal ni verifican la ausencia de tensión inicial en el transformador antes de comenzar la prueba.
- Una descarga eléctrica en cortocircuito debido a la condición de los cables conductores, con roturas, no mantienen un aislamiento adecuado y enchufes deteriorados para la ejecución de esta prueba.
- Una descarga eléctrica o tensión de paso debido a que en ocasiones por descuido o distracción el personal se acerca al área de ejecución de pruebas, y no se debe acercarse al transformador puesto que se está inyectado 250 mA en MT o 5A en BT y esta intensidad es peligrosa.
- Un contacto indirecto con la carcasa del transformador puede originarse por una falla en el sistema de aislamiento o descarga, así como la ausencia de una puesta a tierra local de protección. Este riesgo también puede ser consecuencia de la fatiga, acciones repetitivas del técnico operario después de realizar varias pruebas eléctricas, lo que podría llevar a cometer una acción insegura al descuidar la conexión y confundirse cambiando los cables conectores de la puesta a tierra.
- Una sobrecarga en los conductores y equipos a causa del error humano podría seleccionarse otra escala de inyección de intensidad que supere los límites nominales del conductor del equipo de medición y sea fuente generadora de posibles descargas eléctricas, posible incendio, o interrupciones del retardo en el despeje de la falla.

Tabla 33. Identificación de fuente de peligro en la prueba de resistencia de aislamiento

 FICHA PARA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO	
Datos Generales	
Razón social:	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.
Representante legal:	Ing. Luis Marcial: Presidente Ejecutivo Ing. Carlos Solís: Director de sección de Distribución
Evaluador:	Investigador del proyecto
Localización:	Complejo Eléctrico Catiglata
Código:	LT-EEASA-00
Fecha de realización:	26/11/2023
Ficha N°:	3 de 5
Identificación de la fuente de peligro	
Proceso productivo:	Generación y distribución de energía: Departamento de transformadores y líneas energizadas
Puesto de trabajo:	Técnico operario
Subproceso o actividad:	Prueba eléctrica de transformador: prueba de resistencia de aislamiento
FUENTE DE PELIGRO	
Fuente de peligro: inyección de voltajes de prueba del rango de 5000 V	FOTOGRAFÍA
Tipo de riesgo: eléctrico	Transformador trifásico
Factor de riesgo: contacto indirecto, cortocircuito, tensión de contacto	Transformador monofásico
	
	
1. ¿Existe una fuente de daño?	

Si, la exposición a voltaje de red de inyección elevado de 5kV por su peligrosidad y la inadecuada manipulación de red en media tensión, fallo de aislamiento, fallo de sistema de puesta a tierra
2. ¿Quién o qué puede ser dañado?
El jefe supervisor, técnicos operarios que ejecutan las actividades de prueba del transformador
3. ¿Cómo puede ocurrir el daño?
Al realizar las conexiones de cables al transformador para ejecutar esta prueba respectiva se puede producir: <ul style="list-style-type: none"> • Un arco eléctrico a causa de los malos contactos entra las pinzas de sujeción con los bornes (bushing) de alta y media tensión del transformador. • Un contacto directo puede surgir debido a una falla en el aislamiento en la parte activa. Además, se ha notado que los técnicos, en ocasiones demasiado confiados, no emplean el equipo de protección personal ni verifican la ausencia de tensión inicial en el transformador antes de comenzar la prueba. • Una descarga eléctrica en cortocircuito debido a la condición de los cables conductores, con roturas, no mantienen un aislamiento adecuado y enchufes deteriorados para la ejecución de esta prueba. • Una tensión de contacto, ya que algunas herramientas de sujeción o pinzas no cuentan con un mango de agarre recubierto por material aislante y el personal no se percata de esta condición insegura. Esto sumado a que, el piso no ofrece alta resistividad de aislamiento y no hay presencia de alfombra aislante. • Una descarga eléctrica o tensión de paso debido a que en ocasiones por descuido o distracción el personal se acerca al área de ejecución de pruebas, cuando el equipo de transformación se encuentra energizado con alto voltaje y se observó que no se han instalado barreras de protección aislantes. • Un contacto indirecto con la carcasa del transformador puede originarse por una falla en el sistema de aislamiento o descarga, así como la ausencia de una puesta a tierra local de protección. Este riesgo también puede ser consecuencia de la fatiga, acciones repetitivas del técnico operario después de realizar más de 10 pruebas eléctricas, lo que podría llevar a cometer una acción insegura al descuidar la conexión o cambiar los cables conectores de la puesta a tierra.

Tabla 34. Identificación de fuente de peligro en la prueba de cortocircuito

	FICHA PARA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO				
Datos Generales					
Razón social:	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.	Representante legal:	Ing. Luis Marcial: Presidente Ejecutivo Ing. Carlos Solís: Director de sección de Distribución		
Evaluador:	Investigador del proyecto				
Localización:	Complejo Eléctrico Catiglata	Código:	LT-EEASA-00		
Fecha de realización:	26/11/2023	Ficha N°:	4	de	5
Identificación de la fuente de peligro					
Proceso productivo:	Generación y distribución de energía: Departamento de transformadores y líneas energizadas				
Puesto de trabajo:	Técnico operario				
Subproceso o actividad:	Prueba eléctrica de transformador: prueba de medición de pérdidas de potencias en cortocircuito				
FUENTE DE PELIGRO					
Fuente de peligro:	inyección de intensidades de prueba mayores a 1 A e inyección de voltajes en transformadores trifásicos menores a 400 V y mayores a 100 V en los monofásicos.		FOTOGRAFÍA		
Tipo de riesgo:	eléctrico	Transformador trifásico	Transformador monofásico		

<p>Factor de riesgo: contacto indirecto, cortocircuito, tensión de contacto</p>		
<p>1. ¿Existe una fuente de daño?</p>		
<p>Si, la incorrecta manipulación de red con voltaje en baja tensión (100 V, 400V), fallo de aislamiento, fallo de sistema de puesta a tierra</p>		
<p>2. ¿Quién o qué puede ser dañado?</p>		
<p>Los técnicos operarios que ejecutan las actividades de prueba del transformador</p>		
<p>3. ¿Cómo puede ocurrir el daño?</p>		
<p>En esta operación de comprobación, se simula las corrientes en media tensión, y se realiza la conexión en corto circuito en baja tensión. Al realizar las conexiones de cables al transformador para ejecutar esta prueba respectiva se puede producir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un arco eléctrico a causa de los malos contactos entra las pinzas de sujeción con los bornes (bushing) de alta y media tensión del transformador. • Un contacto directo puede surgir debido a una falla en el aislamiento en la parte activa. Además, se ha notado que los técnicos, en ocasiones demasiado confiados, no emplean el equipo de protección personal ni verifican la ausencia de tensión inicial en el transformador antes de comenzar la prueba. • Una descarga eléctrica en cortocircuito debido a la condición de los cables conductores, con roturas, no mantienen un aislamiento adecuado y enchufes deteriorados para la ejecución de esta prueba. • Una tensión de contacto, ya que algunas herramientas de sujeción o pinzas no cuentan con un mango de agarre recubierto por material aislante y el personal no se percató de esta condición insegura. Esto sumado a que, el piso no ofrece alta resistividad de aislamiento y no hay presencia de alfombra aislante. • Una descarga eléctrica o tensión de paso debido a que en ocasiones por descuido o distracción el personal se acerca al área de ejecución de pruebas, cuando el equipo de transformación se encuentra energizado con alto voltaje y se observó que no se han instalado barreras de protección aislantes. • Un contacto indirecto con la carcasa del transformador puede originarse por una falla en el sistema de aislamiento o descarga, así como la ausencia de una puesta a tierra local de protección. Este riesgo también puede ser consecuencia de la fatiga, acciones repetitivas del técnico operario después de realizar más de 10 pruebas eléctricas, lo que podría llevar a cometer una acción insegura al descuidar la conexión o cambiar los cables conectores de la puesta a tierra. 		

Tabla 35. Identificación de fuente de peligro en la prueba de vacío

	<p>FICHA PARA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO</p>				
<p>Datos Generales</p>					
<p>Razón social:</p>	<p>Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.</p>	<p>Representante legal:</p>	<p>Ing. Luis Marcial: Presidente Ejecutivo</p>	<p>Ing. Carlos Solís: Director de sección de Distribución</p>	
			<p>Evaluador:</p>	<p>Investigador del proyecto</p>	
<p>Localización:</p>	<p>Complejo Eléctrico Catiglata</p>	<p>Código:</p>	<p>LT-EEASA-00</p>		
<p>Fecha de realización:</p>	<p>26/11/2023</p>	<p>Ficha N°:</p>	<p>5</p>	<p>de</p>	<p>5</p>
<p>Identificación de la fuente de peligro</p>					
<p>Proceso productivo:</p>	<p>Generación y distribución de energía: Departamento de transformadores y líneas energizadas</p>				

Puesto de trabajo:	Técnico operario	
Subproceso o actividad:	Prueba eléctrica de transformador: prueba de medición de pérdidas de potencias en vacío	
FUENTE DE PELIGRO		
Fuente de peligro: inyección de tensiones de voltaje de pruebas: 220 V para transformadores trifásicos y 240 V para equipos de transformación monofásicos	FOTOGRAFÍA	
Tipo de riesgo: eléctrico	Transformador trifásico	Transformador monofásico
Factor de riesgo: contacto indirecto, cortocircuito, tensión de contacto		
1. ¿Existe una fuente de daño?		
Si, la incorrecta manipulación de red con voltajes de baja tensión (220 V o 240V), fallo de aislamiento, fallo de sistema de puesta a tierra		
2. ¿Quién o qué puede ser dañado?		
El técnico operario que ejecuta las actividades de prueba del transformador		
3. ¿Cómo puede ocurrir el daño?		
<p>En esta operación de comprobación, se inyectan tensión de voltaje en baja tensión, y se realiza la conexión de tipo vacío en baja tensión. Al realizar las conexiones de cables al transformador para ejecutar esta prueba respectiva se puede producir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un arco eléctrico a causa de los malos contactos entra las pinzas de sujeción con los bornes (bushing) de alta y media tensión del transformador. • Un contacto directo puede surgir debido a una falla en el aislamiento en la parte activa. Además, se ha notado que los técnicos, en ocasiones demasiado confiados, no emplean el equipo de protección personal ni verifican la ausencia de tensión inicial en el transformador antes de comenzar la prueba. • Una descarga eléctrica en cortocircuito debido a la condición de los cables conductores, con roturas, no mantienen un aislamiento adecuado y enchufes deteriorados para la ejecución de esta prueba. • Una tensión de contacto, ya que algunas herramientas de sujeción o pinzas no cuentan con un mango de agarre recubierto por material aislante y el personal no se percata de esta condición insegura. Esto sumado a que, el piso no ofrece alta resistividad de aislamiento y no hay presencia de alfombra aislante. • Una descarga eléctrica o tensión de paso debido a que en ocasiones por descuido o distracción el personal se acerca al área de ejecución de pruebas, cuando el equipo de transformación se encuentra energizado con alto voltaje y se observó que no se han instalado barreras de protección aislantes. • Un contacto indirecto con la carcasa del transformador puede originarse por una falla en el sistema de aislamiento o descarga, así como la ausencia de una puesta a tierra local de protección. Este riesgo también puede ser consecuencia de la fatiga, acciones repetitivas del técnico operario después de realizar más de 10 pruebas eléctricas, lo que podría llevar a cometer una acción insegura al descuidar la conexión o cambiar los cables conectores de la puesta a tierra. 		

b. Mapeo de procesos

En esta fase, se identifica la prueba a evaluar, las actividades y tareas que se realizan durante el proceso operativo de pruebas eléctricas de transformadores. En la Tabla 36 se resume la información respectiva.

Tabla 36. Mapeo de procesos en las pruebas eléctricas de transformadores

Procesos	Actividades	Tareas	Puestos
Prueba relación - transformación	Verificación de las relaciones de transformación	Revisar las posiciones del tap del transformador	Técnico operario
		Revisar las tolerancias de medición según normativa INEN 2114 y 2115	
	Verificación de las posiciones del cambiador de tomas	Identificar espiras cortocircuitadas	Ingeniero supervisor
		Revisar los ajustes incorrectos	
		Revisar el cambiador de tomas	
	Verificación de posibles fallos en el equipo	Realizar una inspección inicial de ausencia de tensión	Ingeniero supervisor
		Realizar el desencubado de la protección del transformador	Técnico operario
	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Medir la temperatura ambiente antes de iniciar la prueba.	Ingeniero supervisor
		Inspeccionar que no exista tensión en los lados primarios y secundarios del transformador	Ingeniero supervisor
	Conexión de los cables de poder al transformador para la realización de la prueba	Se conectan los dos conjuntos de cables de salida: 3 cables con pinzas (H1-rojo, X2-amarillo y X3-azul) y 3 cables con pinzas (X1-rojo, X2-amarillo y X3-azul)	Técnico operario
		Realizar la siguiente conexión para los transformadores trifásicos: Media tensión: (cable blanco a tierra, cable rojo a H1, cable amarillo a H2, cable azul a H3). Para baja tensión (cable blanco a X0, cable rojo a X1, cable amarillo a X2, cable azul a X3)	Técnico operario
		Realizar la prueba colocando el TAP nominal en la posición 3 del conmutador	Técnico operario
		Una vez conectado los cables a los terminales, se configura el equipo de medición	
	Programación del equipo de medida: Megger Three-Phase-TTR	Se enciende el equipo de medición y se configura según los parámetros del tipo de transformador	Técnico operario
Configurar según las etiquetas de parámetros: Transformador ID, tipo de transformador, tensión nominal f-f (13800V), número de posiciones del Tap (5pos), tensión nominal (tap 3), alta tensión pos H (en 1), y la diferencia de posición que es un 2.50%.			
Se configura los parámetros en baja tensión: tensión nominal (F-F): 220 V o 240 V y N° de posiciones X en 0			
Se comienza la prueba y se va anotando el valor obtenido, teniendo en cuenta que se inyectan 80 V. Este voltaje satura el núcleo, cuenta las espiras y se calcula la relación – transformación, basado en la ley de Ohm.			
Realizar las mediciones cambiando para ello las posiciones del conmutador (Tap) y se sigue la secuencia: 1,2,4,5			
Colocar el Tap en la posición nominal y comprobar el valor del equipo de medición			
Registro de valores obtenidos del equipo de medida	Registrar las lecturas que arroja el equipo de medida en su panel de visualización en el Anexo J, teniendo en cuenta que la diferencia de voltaje entre Tap es 2.50%.	Técnico operario	
Prueba de Resistencia de bobinados	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Medir la temperatura ambiente inicial para efectuar la prueba (20 °C – 36 °C)	Ingeniero supervisor
	Conexión de los cables de poder del equipo de medida hacia los bushings de media tensión del transformador	Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados “H”, cable negro y pinza negra a X0, luego cable rojo y pinza roja a X1.	Técnico operario
		Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, pinzas rojas en H1 y pinzas negras en H2 para la relación (H1-H2)	
	Programación del equipo de medida marca Tinsley 5896 (Transformer microhmmeter 25A)	Se procede a encender el equipo	Técnico operario
		Esperar la presentación de las lecturas en la pantalla del medidor	
		Ajustar la escala de acuerdo con la medición a realizar para media tensión se escoge la escala (250 mA y rango de 100 Ω). Para baja tensión se aplica la escala de (5A y rango de 1Ω).	
		Aplastar el botón Charge (Read) para inyectar amperaje y medir las resistencias de las bobinas de media tensión	
		Esperar a la lectura del equipo: mientras esté encendido el botón de Hazard y el sonido esté activo no se debe acercarse al transformador	
		Aplastar el botón de Discharge (Zero) para descargar la energía con un banco de condensadores propio del equipo	
		Esperar a la indicación del foco de Hazard que se encuentre apagado	
Repetir el procedimiento para las fases restantes tanto de media tensión (H), (H2-H3), (H3-H1), como de baja tensión (X).			
Conexión de los cables de poder del equipo de medida hacia los bushings de baja tensión del transformador	Conectar los cables de salida del equipo, el conjunto de cables (rojo C1-P1) y negro (C2-P2)	Técnico operario	
	Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados “X”, cable negro y pinza negra a X0, luego cable rojo y pinza roja a X1.		

		Efectuar la medición de resistencia con el equipo para el resto de las conexiones restantes en baja tensión (X2-X0; X3-X0)	
		Apagar el equipo de medida una vez finalizada las pruebas tanto para MT y BT.	
		Esperar a que el equipo se descargue y no se debe acercarse al transformador, hasta que la indicación Hazard se apague	
		Apagar el equipo desde Power On y desconectar la alimentación.	
		Envolver los cables de prueba del equipo	
	Registro de valores obtenidos del equipo de medida	Registrar las lecturas que arroja el equipo de medida en su panel de visualización en la hoja de registro (Anexo J).	Técnico operativo
		Descargar cada uno de los terminales de baja tensión con el cable de puesta a tierra	
		Registrar la temperatura final luego de la prueba realizada	
Prueba en Vacío (trifásico)	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Medir la temperatura ambiente inicial para efectuar la prueba	Ingeniero supervisor
		Inspeccionar que no haya presencia de tensión en los bushing del transformador	Ingeniero supervisor
	Conexión de los cables de poder del equipo de medida a los bornes de BT del transformador para la realización de la prueba	Conectar el cable de fase negro (L1) al bushing X1	Técnico operativo
		Conectar el cable verde (N) al bushing X3	Técnico operativo
	Programación del equipo de medida marca Yokogawa WT333E (Digital Power Meter)	Encender el equipo de medida	Técnico operativo
		Ajustar el medidor del equipo y sus controles para realizar la prueba trifásica	
		Aplicar el voltaje de baja tensión requerido (220V) en transformadores trifásicos y (240V) en monofásicos y presionar el botón de Hold.	
		Bajar el voltaje desde el equipo de medición hasta desenergizar el transformador	
		Apagar adecuadamente el equipo de medición	
	Registro de valores obtenidos del equipo de medida	Registrar las lecturas que arroja el equipo de medida en su panel de visualización en el Anexo J.	Técnico operativo
Prueba de Pérdidas en Cortocircuito (Trifásico)	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Medir la temperatura ambiente inicial para efectuar la prueba en temperatura ambiente (20°C – 36°C)	Ingeniero supervisor
		Inspeccionar que no haya presencia de tensión en los bushing de media y baja del transformador	
	Conexión de los cables de poder del equipo de medida a los bornes de MT y BT del transformador para la realización de la prueba	Conectar el cable de fase negro (L1) al bushing H1	Técnico operativo
		Conectar el cable verde (N) al bushing H2	
		Se realiza una conexión en cortocircuito en las bobinas de baja tensión, se colocan los cables negros en X1 y X3	
		Conectar a tierra el transformador	
	Cálculo de la intensidad nominal	Calcular el amperaje necesario para aplicar a la línea de prueba según la fórmula: $In = \frac{s}{V \cdot \sqrt{3}}$ para transformadores trifásicos y $In = \frac{s}{V}$ para monofásicos	Ingeniero supervisor
		Registrar el dato obtenido en el registro de pruebas	Técnico operativo
	Programación del equipo de medida marca Yokogawa WT333E (Digital Power Meter)	Encender el equipo de medida y esperar un minuto para que se calibre el equipo	Técnico operativo
		Ajustar el medidor del equipo y sus controles para realizar la prueba trifásica	
Enviar la carga, ir subiendo de a poco y presionar el botón de Up para inyectar el valor de la corriente calculada			
Energizar el transformador hasta alcanzar el valor de In en el lado de MT			
Bajar el voltaje desde el equipo de medición hasta desenergizar el transformador			
Apagar adecuadamente el equipo de medición			
Registro de valores obtenidos del equipo de medida	Registrar las lecturas que arroja el equipo de medida en su panel de visualización en el Anexo J.	Técnico operativo	
Prueba de Resistencia de aislamiento	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Medir la temperatura ambiente inicial para efectuar la prueba (20 °C – 36 °C) y registrar el valor	Ingeniero supervisor
		Revisar que no haya tensión inicial en el transformador	
		Revisar la presencia del sistema de puesta a tierra	
	Conexión de los cables de poder del equipo de medida hacia los bushings del del transformador para medición MT vs BT	Hacer una conexión en BT, colocar los puentes entre los bushing X1-X2 y X2-X3	Técnico operativo
Conectar los cables rojos entre los bushing de MT: H1-H2 y H2-H3			
Prueba de Resistencia de aislamiento	Conexión de los cables de poder del equipo de medida hacia los bushings del del transformador para medición MT vs tierra	Hacer una conexión en BT, colocar los puentes entre los bushing X1-X2 y X2-X3	Técnico operativo
		Conectar los cables rojos entre los bushing de MT: H1-H2 y H2-H3	
		Conectar los cables de medida del equipo según: roja al borne de media tensión H1 y negro al borne de tierra del transformador	

Conexión de los cables de poder del equipo de medida hacia los bushings del del transformador para medición BT vs tierra	Hacer una conexión en BT, colocar los puentes entre los bushing X1-X2 y X2-X3	Técnico operario
	Conectar los cables rojos entre los bushing de MT: H1-H2 y H2-H3	
	Conectar los cables de medida del equipo según: roja al borne de baja tensión X1 y negro al borne de tierra del transformador	
Programación del equipo de medida marca Metrel TeraOhm XA 5kV (óhmetro)	Encender el equipo de medida y seleccionar la escala de inyección de 5kV	Ingeniero supervisor
	Ajustar el tiempo de prueba del equipo de 2 minutos y sus controles para realizar la prueba trifásica	
	Enviar la carga, ir subiendo de a poco y presionar el botón de Up para inyectar el valor de la corriente calculada	
	Detener luego de 2 minutos, registrar el valor y seguir con las mediciones de MT vs tierra, y BT vs tierra	
	Bajar el voltaje desde el equipo de medición hasta desenergizar el transformador	
Apagar adecuadamente el equipo de medición		
Registro de valores obtenidos del equipo de medida	Registrar las lecturas que arroja el óhmetro en su panel de visualización en el Anexo J para cada una de MV-T; BV-T; MV-BV	Técnico operario

c. Identificación de peligros por tarea

Reconocimiento de las condiciones inseguras de peligro eléctrico presentes en la zona destinada a pruebas de transformadores

El laboratorio de transformadores de la EEASA no está libre de posibles riesgos que podrían resultar en accidentes eléctricos. Mediante observación directa, se identificaron posibles factores de peligro eléctrico, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- La presencia de un conjunto de elementos conductores en el transformador.
- La posibilidad de que el circuito se cierre de manera involuntaria y tenga una presencia de diferencia de potencial de 13800 voltios en dicho circuito.
- Que el cuerpo humano puede actuar como conductor cuando no está adecuadamente aislado. Esto se debe a la presencia de fluidos internos y cuando un circuito de prueba se conecte, puede integrarse con el cuerpo humano. Además, la baja resistencia eléctrica del cuerpo humano se debe a factores como la presencia de sudor, objetos metálicos en el cuerpo o el contacto directo con el conductor en esta área.
- La diferencia de potencial entre los puntos de entrada y salida de corriente del transformador con respecto al cuerpo es superior a 120 voltios, lo cual es peligroso.
- La ausencia o fallos en la conexión a tierra en el circuito de pruebas pueden ocurrir durante la realización de pruebas de alto riesgo.

- Debido a los voltajes inducidos por los equipos de medición en el transformador, tanto en baja como en media tensión.
- Áreas o zonas de prueba sin una delimitación clara, donde se encuentran contactos eléctricos desprotegidos en equipos de medición, transformadores y cables de conexión.
- Se puede generar una inflamación o explosión de un transformador durante pruebas a causa del aceite refrigerante eléctrico contenido en el transformador.
- Inexistencia de una ventilación adecuada en el laboratorio.
- La resistencia eléctrica reducida del cuerpo humano debida a elementos como la presencia de sudor y objetos metálicos en el cuerpo o en la zona de contacto con el conductor, los cuales son determinantes en la resistencia que el cuerpo presenta en ese instante.

Reconocimiento de peligros eléctricos en la zona de pruebas eléctricas de Transformadores de Distribución

También fueron reconocidos los peligros presentes en el laboratorio de pruebas eléctricas, poniendo especial énfasis en los riesgos de naturaleza eléctrica, que se detallan a continuación:

- Manejo de equipos de medición sin contar con protección en las manos.
- No se emplean tapetes aislantes de seguridad.
- Las barandillas de protección contra riesgos eléctricos son insuficientes.
- Ausencia de identificación y colocación de señalizaciones en los módulos de pruebas monofásicos y trifásicos.
- Energías riesgosas que oscilan desde 120 voltios en baja tensión hasta 13800 voltios en media tensión.
- Sustancias químicas, como el fluido refrigerante PCB, que pueden resultar perjudiciales si son ingeridas, debido a que las personas encargadas de las pruebas no emplean el equipo de protección apropiado.

- Riesgos de colisión de montacargas durante la carga y descarga de los transformadores en el área de pruebas.
- Cableado eléctrico ubicado a ras de suelo al realizar las conexiones al transformador para llevar a cabo las pruebas correspondientes.
- No se dispone de guías de procedimientos o manuales de instrucciones apropiados donde se registren las acciones a seguir.
- El espacio en el área de pruebas de transformadores es insuficiente y no cumple con las dimensiones recomendadas, además carece de una señalización adecuada de alerta o precaución.
- Se debe tener precaución, ya que se inducen voltajes tanto en el lado primario de media tensión como en el lado secundario.
- Se descuida la posibilidad de voltajes inducidos por los equipos de medida en los transformadores sometidos a pruebas.
- Modificación de la posición del elemento tap en el transformador mientras está energizado.
- No emplear el equipo de protección personal adecuado lo cual implica no disponer de la precaución al tomar medidas eléctricas, ya sea en media o baja tensión en el transformador.
- Ausencia de un mantenimiento regular en los diversos equipos de prueba y en el área destinada a pruebas eléctricas.
- Las distancias de seguridad con respecto a los transformadores de distribución no se mantienen al llevar a cabo las pruebas eléctricas.
- Incendios y explosiones de naturaleza eléctrica provocados por el aceite refrigerante contenido en su interior.
- Posible caída de herramientas y materiales desde una altura durante las actividades de transporte de transformadores efectuadas con montacargas.

Reconocimiento de peligros eléctricos en la operación de montaje de transformador

Tabla 37. Peligros eléctricos en actividad de montaje de transformador

Peligros eléctricos en el montaje del transformador	
Factor de riesgo eléctrico	Descripción del peligro
Arco eléctrico	Al abrir los transformadores, se genera una disparidad de potencial entre la línea de media tensión y el transformador, lo que provoca que el aire se comporte como un conductor. Pueden surgir debido a descuidos durante las labores de mantenimiento, especialmente cuando las líneas energizadas se unen involuntariamente debido a la acción del viento, sin contar con las mantas dieléctricas necesarias.
Contacto directo	Al instalar el transformador en el poste, se manipulan las líneas de baja tensión (BT). Podrían ocurrir debido a que no se respeta las distancias de seguridad que deben mantenerse entre las líneas.
Contacto indirecto	Durante la instalación del transformador en el poste, se puede infringir las distancias mínimas de seguridad con la línea de media tensión (MT). Durante el desplazamiento de la canasta, se puede tener contacto con las líneas de media tensión (MT) y se produzca un fallo en el aislamiento de los cables.
Cortocircuito	Al conectar la grapa caliente a la línea de media tensión (MT) debido a una falla en el aislamiento. Las propiedades de aislamiento del aislador tipo pin pueden estar deteriorados o experimentar oxidación debido a su exposición a las condiciones atmosféricas al aire libre.
Sobrecarga	Los cables de la fase y/o neutro pueden estar sueltos debido a las condiciones ambientales a las que está expuesto el transformador.
Rayos	Las actividades se llevan a cabo en condiciones ambientales adversas, ya que en ocasiones se realiza la operación durante la formación de nubes de tormenta.
Tensión de contacto	La grúa de elevación puede entrar en contacto con la línea de media tensión (MT) debido a la infracción de las distancias mínimas de seguridad, generando así una tensión en todo el vehículo. Durante la conexión del eslabón con la línea energizada, entra en contacto con elementos metálicos que generalmente se encuentran sin tensión, como la protección de la línea subterránea.
Tensión de paso	El aislamiento del cable que resguarda la línea subterránea puede presentar fallas, resultando en la dispersión de corriente hacia el terreno.

Identificación de peligros: una vez se ha descrito los procesos de las diferentes pruebas llevadas a cabo en la comprobación de los parámetros establecidos en transformadores, se procede a identificar posibles riesgos presentes en estas tareas, con el fin de hallar los factores de riesgo eléctrico a los que se encuentran expuestos los trabajadores que laboran en esta área, los cuales se mencionan en la Tabla 38 a continuación.

Tabla 38. Identificación de peligros por tarea en las pruebas eléctricas de transformadores

Tarea	Peligro	Riesgo
Comprobar sistema de puesta a tierra	Falla de aislamiento en los elementos del transformador	Exposición a contacto indirecto
Cambiar los taps conmutadores del transformador trifásico al estar energizado	Presencia en la red de tensión o voltaje de 80 V	Exposición a contacto directo
	Falla de aislamiento en las herramientas manuales	Exposición a contacto indirecto
	Conexión de grapa caliente a la línea de MT por falla de aislamiento	Posible presencia de cortocircuitos
Colocar las pinzas de sujeción en los bushing de media tensión	En la colocación de las pinzas de sujeción sin descargar la tensión del transformador previamente	Tensión de contacto
	Mal contacto entre pinzas de sujeción con los bornes (bushing) del transformador en MT y BT	Exposición al arco eléctrico
Colocar las pinzas de sujeción en los bushing de baja tensión	Presencia de tensión de prueba de 80V en los bushing de baja tensión	Tensión de paso
Comprobar el circuito de conexión de la prueba	Cables conductores en mal estado, enchufes y extensiones eléctricas deteriorados.	Presencia de cortocircuito
Inyectar voltaje elevado (5kV) para prueba de resistencia de aislamiento	Exposición a voltaje de red de inyección, elevado de 5kV por su peligrosidad y la inadecuada manipulación de red	Tensión de paso
Colocar pinzas de sujeción en los bushing de media tensión y baja tensión	Contacto accidental de herramienta con la línea o equipos energizados	Presencia de arco eléctrico
	Herramientas de sujeción no cuentan con un mango de agarre recubierto por material aislante	Tensión de contacto
Inyectar una corriente de prueba de 250 mA en MT o 5A en BT para la prueba de resistencia de devanados	Aumento de corriente nominal sin comprobación de los conductores y conexiones inseguras	Descarga eléctrica por sobrecarga
	Sobrecarga en conductores a causa del error humano al seleccionar otras escalas de inyección de intensidad que supere límites nominales del conductor	Sobrecarga y calentamiento en los conductores
Comprobar el sistema de puesta a tierra de protección	Alteración de sistemas de protección, falta de descarga de tensión del transformador	Tensión de contacto
Esperar la indicación de descarga de energía acumulada	Falla de aislamiento cerca del banco de condensadores	Posible cortocircuito
Inyectar voltajes elevados para pruebas de resistencia de aislamiento y prueba de vacío	Equipo de transformación energizado con alto voltaje y no se instalan barreras de distancia de seguridad ni barandillas de protección	Descargas eléctricas
Comprobar que la conexión de descarga esté funcionando y que el sistema de puesta a tierra no esté interrumpido	Acción insegura al descuidar la conexión o cambio de cables conectores de puesta a tierra	Exposición a contacto indirecto
Verificación de voltajes nominales en el transformador	Los cables de la fase / neutro no se encuentran en buenas condiciones	Presencia de sobrecarga de tensión

Izaje del transformador para cambio de ubicación en el laboratorio	La grúa puede tocar una línea de MT por violación de distancias de seguridad	Se puede incurrir en una tensión de contacto
Conexión de los cables de equipos de prueba e inyección de voltajes en media tensión	No se respetan las distancias mínimas de seguridad para trabajos energizados	

3.3.2 Evaluación del riesgo

Valoración: En esta fase, se analizan y valoran los riesgos asociados a cada amenaza identificada. Para llevar a cabo este proceso, se puede elegir utilizar la metodología IPERC, la cual está detallada en el anexo 3 de la Resolución Ministerial N.º 050-2013-TR para el análisis y evaluación de riesgos. En el contexto de las actividades realizadas en la sección de pruebas eléctricas de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Central Norte S.A., se elabora una matriz IPERC. La versión completa de esta matriz se encuentra detallada en el Anexo I.

Para la estimación del riesgo, se analizan las tareas de identificación de peligros en las actividades que se llevan a cabo para la ejecución de las pruebas eléctricas. Utilizando las Tablas N° 16, 17, 18, 19 y 20, de la metodología IPERC; se procede a realizar la evaluación cuantitativa. Una vez valorado el nivel de riesgo respecto a su tolerabilidad, se puede determinar las medidas de control eficaces para los riesgos significativos, los cuales se describen en la columna de medidas de control en la matriz de riesgos.

a. Resumen de la matriz de riesgos

A partir de la matriz de identificación y análisis de riesgos se obtuvieron los siguientes resultados. En la tabla siguiente, se muestra los niveles de intervención en cada uno de los riesgos existentes en el área de análisis, que es el laboratorio de pruebas de transformadores.

Existen cuatro niveles de intervención de riesgos: trivial I, tolerable II, moderado III, importante IV e intolerable V. En la Tabla 39, se puede observar una tabla resumen de los riesgos existentes en el área de pruebas.

Tabla 39. Resumen de la matriz de riesgos

Matriz de Riesgos Eléctricos del área del laboratorio de transformadores EEASA						
Proceso	Actividad	Tarea	Factor de riesgo su actividad	Nivel de riesgo		Efecto fisiológico
				Valor	NR	
Departamento de Distribución: área de Transformadores y líneas energizadas; pruebas eléctricas de transformadores	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Comprobar el sistema puesta a tierra.	Exposición a contacto indirecto	18	IM	Irregularidades cardíacas, aumento de la tensión arterial, fuerte efecto de tetanización, inconsciencia e inicio de la fibrilación ventricular.
		Comprobar el sistema de puesta a tierra de protección.	Exposición a tensión de contacto	16	MO	Sensaciones de cosquilleo, calambres y movimientos musculares reflejos.
		Comprobar que la conexión de descarga esté funcionando y que el sistema de puesta a tierra no esté interrumpido	Exposición a tensión de contacto	18	IM	Irregularidades cardíacas, aumento de la tensión arterial, fuerte efecto de tetanización, inconsciencia e inicio de la fibrilación ventricular.
	Cambiar los taps conmutadores del transformador trifásico cuando está energizado.	Exposición a contacto directo	18	IM		
	Conexión de los cables de poder del equipo de medida hacia los bushings transformador para ejecución de la prueba eléctrica	Colocar pinzas de sujeción en los bushing de media tensión.	Exposición a tensión de contacto	18	IM	Sensaciones de cosquilleo, calambres y movimientos musculares reflejos.
		Colocar pinzas de sujeción en los bushing de media tensión.	Exposición a arco eléctrico	14	MO	
		Colocar las conexiones de las pinzas de medida en los contactos de media y baja tensión.	Exposición a tensión de paso	24	IM	Sensaciones de cosquilleo, calambres y movimientos musculares reflejos.
		Colocar las pinzas de sujeción en los bushing de baja tensión.	Exposición a arco eléctrico	18	IM	Irregularidades cardíacas, aumento de la tensión arterial, fuerte efecto de tetanización, inconsciencia e inicio de la fibrilación ventricular.
			Exposición a tensión de contacto	20	IM	
		Comprobar el circuito de conexión en la prueba.	Exposición a cortocircuito	14	MO	Descargas dolorosas que puede causar un accidente indirecto (electrización).
		Programación del equipo de medida para inyección de cargas de prueba	Inyectar voltaje elevado (5kV) para la prueba de resistencia de aislamiento.	Exposición a tensión de paso	24	IM
	Inyectar una corriente de 250 mA en MT o 5A en BT para prueba de resistencia de devanados.		Sobrecarga	27	IT	Fibrilación ventricular, pérdida de consciencia, paro cardíaco reversible, parálisis respiratoria, quemaduras y alta probabilidad de muerte.
			Descarga eléctrica por sobrecargas	24	IM	Irregularidades cardíacas, aumento de la tensión arterial, fuerte efecto de tetanización, inconsciencia e inicio de la fibrilación ventricular.
	Esperar la indicación de descarga de energía acumuladas.		Exposición a tensión de contacto	24	IM	Sensaciones de cosquilleo, calambres y movimientos musculares reflejos.
	Inyectar voltajes para prueba en vacío, 220V para transformadores trifásicos y 240V en equipos monofásicos.		Descargas eléctricas	16	MO	
	Inyectar el voltaje de prueba de 5kV para la prueba de resistencia de aislamiento.		Riesgo de incendio y explosión	14	MO	

b. Interpretación de la matriz de riesgos

En esta tabla, se muestran los valores obtenidos del nivel de riesgo según la metodología IPERC, de las actividades que se realizan en las pruebas eléctricas de transformadores, las cuales son ejecutadas en las instalaciones del laboratorio por los ingenieros técnicos operadores. Según el resumen de la Tabla 39, muestra que el personal de esta área presenta un nivel significativo de riesgo que va desde moderado hasta riesgo intolerable (situación crítica), donde el nivel con mayor frecuencia de estimación es el nivel de (Importante), y por tanto las consecuencias pueden ser

mortales. Se obtuvo además que el principal factor de riesgo que puede ocasionar un índice alto de eventos adversos en los técnicos operarios es el de exposición a contacto directo e indirecto y tensión de contacto. Estos eventos requieren correcciones urgentes según su nivel de intervención.

Se debe evitar estos inconvenientes que afectan vidas humanas, al rendimiento laboral y también representa consecuencias económicas por los daños severos en equipos, interrupción temporal de labores del personal. La valoración de los ingenieros operarios antes de iniciar estos procedimientos de pruebas, así como también la valoración de los equipos e instalaciones debe ser fundamental; para evitar estos riesgos que fueron indicados en la matriz de evaluación (Anexo I).

c. Interpretación de los efectos fisiológicos

Según el nivel de tensión o corriente al que se expone el personal: cabe mencionar que, el personal se expone a voltajes de baja tensión (80V, 220V, 240V, inferiores a 400V) y voltajes elevados en media tensión (5000V y 13800V). En las tareas ejecutadas en media tensión con un voltaje máximo de 13,8 KV, un segundo de contacto proporciona al cuerpo una corriente de 100-300 mA, lo que implica que el trabajador experimentará fibrilación muscular con una probabilidad significativamente alta de mortalidad.

Durante las evaluaciones eléctricas realizadas en equipos de transformación, los integrantes del personal se enfrentan a diversos niveles de voltaje que pueden dar lugar a efectos fisiológicos perjudiciales para el cuerpo humano. A continuación, se analizan estos efectos en cada una de las pruebas eléctricas:

- En la prueba de la relación de transformación, se aplica un voltaje de prueba de 80 V, resultando en una corriente de contacto máxima de 1 mA. Bajo estas condiciones, el operario podría experimentar sensaciones de cosquilleo, calambres y movimientos musculares reflejos.
- En la prueba de resistencia de bobinados, se aplica una intensidad de corriente de prueba en dos rangos, para media tensión se inyectan 250 mA y para baja tensión un valor mortal de 5A, resultando en corrientes de contacto máxima peligrosas. Bajo estas condiciones, el operario podría experimentar

fibrilación ventricular, pérdida de consciencia, paro cardíaco reversible, parálisis respiratoria, quemaduras y alta probabilidad de muerte.

- En la prueba de vacío, se aplican tensiones de prueba de 220V para transformadores trifásicos y 240V para monofásicos, resultando en una corriente de contacto máxima de 3 mA. Bajo estas condiciones, el operario podría experimentar descargas dolorosas que puede causar un accidente indirecto (electrización).
- En la prueba de cortocircuito, se aplican tensiones de prueba mayores a 100 V(monofásicos) y menores a 400 V(trifásicos), resultando en una corriente de contacto máxima de 5 mA para un valor máximo de 500 V. Bajo estas condiciones, el operario podría experimentar sensaciones de cosquilleo, calambres y movimientos musculares reflejos.
- En la prueba de resistencia de aislamiento, se aplica un voltaje elevado de 5000 V, resultando en una corriente de contacto máxima de 50 mA. Bajo estas condiciones, si el técnico operario se expone de segundos a minutos, podría experimentar irregularidades cardíacas, aumento de la tensión arterial, fuerte efecto de tetanización, inconsciencia e inicio de la fibrilación ventricular.
- Como se ha reconocido, las repercusiones al enfrentarse a estas fuentes de peligro son serias, con la posibilidad de resultar en mortalidad o en la ocurrencia de incapacidades parciales o permanentes para el operario. Por lo tanto, es imperativo implementar medidas preventivas, como el establecimiento de procedimientos de trabajo seguros.

Por tanto, es preciso establecer medidas adecuadas de control, proponer acciones preventivas entre las cuales, se pueden incluir:

- ✓ Preparación de sesiones de formación destinadas a crear conciencia sobre la importancia de llevar a cabo actividades laborales de manera segura, enfatizando que este enfoque no representa un obstáculo para el desarrollo y la productividad. La capacitación continua de los trabajadores es esencial, y se

recomienda llevar consigo un documento que registre sus sesiones de formación y la educación recibida.

- ✓ Entrega de procedimientos escritos de trabajo seguro a los trabajadores.
- ✓ Evaluación las capacidades como aptitudes para trabajar en tareas que involucren la adecuada manipulación de red en media y baja tensión, incluyendo tareas mantenimiento en el transformador.
- ✓ Coordinación del jefe del departamento a cargo del área de transformadores y líneas energizadas, donde evalúe las condiciones con las que se inicia un trabajo, y dotar del equipo de protección individual que cumplan con normativas técnicas para este tipo de intervenciones eléctricas, como equipos de protección para trabajos en altura el arnés, línea de vida, mosquetones, cuerdas son indispensables y/o herramientas necesarias con adecuado aislamiento para que los técnicos operarios puedan desarrollar sus actividades rutinarias con normalidad.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN EL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO NORTE S.A.



El presente plan aborda la importancia de implementar procedimientos básicos de actuación para los técnicos operarios en el laboratorio de transformadores de la EEASA. Sirve como una guía de gestión preventiva dirigida a todos los empleados de esta área, proporcionándoles el conocimiento base para llevar a cabo sus actividades cotidianas, preservar la salud de los empleados y fomentar la cultura de seguridad y un entorno laboral seguro.



2024



3.4.1 Introducción

En la rutina diaria y durante la ejecución de las labores, es esencial que el individuo se encuentre exento de peligros, daños o riesgos, ya que esto es importante para su bienestar y calidad de vida. La industria eléctrica presenta diversos niveles de riesgo vinculados a los procesos de generación, transmisión, distribución y uso de la corriente eléctrica. Estos requieren la implementación de estrategias educativas y programas de formación destinados a disminuir la probabilidad de accidentes y eventos inseguros. En las actividades que implican la exposición a la corriente eléctrica, la ocurrencia de accidentes constituye un factor significativo, destacando la necesidad de establecer programas preventivos que minimicen la accidentabilidad. Las consecuencias peligrosas de tales eventos deben concientizar a la empresa, motivándola a garantizar la integración de manuales de trabajo seguro en las actividades laborales.

Tras finalizar la investigación de campo que identificaron las vulnerabilidades en el departamento de distribución, sección área de transformadores, se presenta el siguiente plan de prevención de riesgos eléctricos para las actividades en el área de pruebas de transformadores de la EEASA. Este manual actual aborda la importancia de integrar procedimientos fundamentales de actuación destinados al personal del laboratorio de transformadores de la EEASA. Con el propósito de establecer un entorno de trabajo seguro mediante el adecuado uso de herramientas y equipos. Asimismo, busca llevar a cabo una actualización de conocimientos de seguridad, garantizando que el personal, posea la capacitación necesaria para llevar a cabo sus actividades de campo en este sector.

Este plan se ha elaborado siguiendo las sugerencias de la legislación de prevención de riesgos laborales [59]. De acuerdo con esta ley de prevención, el plan de prevención de riesgos laborales debe incluir los siguientes elementos:

- Identificación, actividad y características
- Alcance y propósito
- Ámbito de aplicación
- Política preventiva
- Objetivos del plan de prevención

- Estructura organizativa
- Funciones y responsabilidades
- Instrumentos y/o equipo necesario
- Procesos, procedimientos y prácticas.

La planificación de las acciones preventivas estará a cargo del departamento de distribución, abarcando la asignación de un calendario para cada medida preventiva, la designación de responsables y la identificación de los recursos humanos y materiales esenciales para su ejecución.

3.4.2 Identificación, actividad y características del departamento de distribución

a. Identificación

- Departamento: Distribución
- Área: Transformadores
- Director actual del departamento: Ing. Cristian Marín
- Secciones del departamento: 6
- Cantidad de trabajadores en el departamento: 98
- Cantidad de trabajadores en el área de transformadores: 4

b. Actividad

La responsabilidad del departamento de distribución en la EEASA abarca la gestión, planificación y ejecución del mantenimiento y operación de las redes de distribución. Su objetivo es mejorar los métodos y procedimientos para optimizar el uso de los recursos del sistema de distribución de la empresa, asegurando así la prestación del servicio eléctrico en condiciones de alta calidad.

3.4.3 Alcance y propósito

Este plan de prevención de riesgos eléctricos se presenta como una herramienta que incorpora acciones preventivas destinadas a los trabajadores del departamento de distribución, especialmente en el ámbito del laboratorio de transformadores. En este contexto, se definen procedimientos laborales que especifican las funciones y

responsabilidades de cada miembro del departamento, independientemente de su posición jerárquica.

El objetivo principal de este plan de prevención de riesgos eléctricos es contribuir a la mitigación de riesgos, facilitando la toma de decisiones necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores. Su implementación tiene como finalidad mejorar las condiciones laborales y promover una cultura preventiva de riesgos.

3.4.4 Campo de aplicación

Se ha creado para cubrir las necesidades de los empleados que trabajan en el área de pruebas de transformadores del departamento de distribución de la EEASA. Este plan fue elaborado en colaboración con los técnicos durante sus actividades en campo, especialmente durante la realización de pruebas en los transformadores de distribución.

3.4.5 Política de la prevención

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. (EEASA) reafirma su compromiso de llevar a cabo todas las actividades en condiciones seguras, con el propósito de salvaguardar la integridad física de sus empleados y prevenir riesgos para terceros, propiedades y el medio ambiente. Este compromiso se realiza en cumplimiento de la legislación actual en materia de seguridad laboral.

Asegurar el cumplimiento riguroso de leyes, regulaciones, normativas, procedimientos y protocolos en materia de seguridad y salud ocupacional. Para ello, la empresa se compromete a destinar los recursos económicos, humanos, logísticos y tecnológicos necesarios y disponibles.

Respaldar todos los procedimientos de seguridad laboral, cumplir con los objetivos y metas, y garantizar su supervisión, revisión y actualización periódica, comprometiendo a todo el personal en un proceso continuo de mejora. Esto se logrará mediante programas de formación, capacitación e información en seguridad y salud ocupacional para minimizar los riesgos y sus impactos en la salud. Además, los directores departamentales, jefes de áreas y jefes de grupo asumen la responsabilidad

en los procesos de control y seguimiento, asegurando el cumplimiento de las disposiciones legales y del reglamento interno de Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa.

3.4.6 Objetivos del programa

a. Objetivo General

- Proponer una guía general de seguridad para prevenir los riesgos eléctricos a los que están expuestos los técnicos del laboratorio de transformadores.

b. Objetivos Específicos

- Elaborar pautas seguras para las tareas realizadas por los técnicos en el campo de pruebas eléctricas de transformadores.
- Plantear acciones preventivas para reducir la exposición de los trabajadores a posibles riesgos eléctricos.
- Ajustar los procedimientos llevados a cabo por los trabajadores, mejorando su seguridad mediante la implementación de procedimientos de trabajo seguros.

3.4.7 Estructura organizativa

El departamento de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. lleva a cabo sus responsabilidades mediante diversas secciones y áreas, contando con un total de 6 secciones y 8 áreas, que incluye el área de transformadores. La estructura del departamento incluye roles como director, jefe de grupo, secretaria, técnicos electricistas, jefe de área, jefe de unidad operativa, chofer, jefe supervisor de sección y ayudante de laboratorio.

3.4.8 Funciones y responsabilidades

a. Presidente ejecutivo

- Respalda la implementación de la política de seguridad y salud en el trabajo.
- Aportar los recursos financieros necesarios para los programas de prevención y protección contra riesgos.

- Registrar y aplicar las pautas laborales vinculadas a la seguridad.
- Impartir entrenamiento a los trabajadores sobre las prácticas y procedimientos de trabajo.

b. Director departamental

- Establecer en la planificación de las labores bajo su responsabilidad, se contemplen elementos relacionados con la seguridad laboral.
- Adquirir conocimiento sobre las prácticas de seguridad laboral y salud ocupacional, respaldando de manera continua y procurando su implementación efectiva en el entorno laboral.

c. Jefe área de seguridad

- Proporcionar el respaldo necesario para el mantenimiento de los dispositivos de seguridad destinados a todo el personal.
- Suministrar al personal de la empresa equipos, herramientas, elementos de señalización y protocolos de trabajo seguro.
- Colaborar en las tareas de primeros auxilios en caso de producirse un accidente.
- Anticipar, identificar, evaluar y controlar los riesgos.
- Realizar revisiones periódicas en distintos lugares de trabajo para identificar condiciones o prácticas inseguras que podrían dar lugar a accidentes o incidentes.
- Ofrecer asistencia técnica en asuntos relacionados con la gestión de seguridad y salud ocupacional.

d. Médico ocupacional

- Analizar y supervisar las condiciones ambientales en los lugares de trabajo.
- Llevar a cabo visitas regulares a distintos sitios de trabajo para evaluar tanto las condiciones de salud de los empleados como el entorno laboral, con la finalidad de ofrecer recomendaciones que eliminen posibles riesgos.
- Administrar los exámenes pre ocupacionales, post ocupacionales y periódicos al personal de la empresa.

- Colaborar con el jefe de Recursos Humanos en la elaboración de los profesiogramas para los puestos de trabajo que implican actividades de riesgo laboral.
- Participar activamente en la implementación de las actividades específicas de su área en el Sistema de Seguridad Ocupacional.

e. Jefe de área

- Impartir una breve charla introductoria de 5 a 10 minutos acerca de los riesgos inherentes a las actividades planificadas.
- Cumplir con la normativa que exige el uso obligatorio del equipo de protección individual disponible.
- Garantizar que los técnicos electricistas y los jefes de grupo cuenten con condiciones de trabajo seguras.
- Detener cualquier actividad que represente un riesgo grave e inminente.
- Colaborar en las tareas de primeros auxilios en caso de que ocurra un accidente.
- Anticipar los requisitos de equipos, materiales y herramientas necesarios para llevar a cabo las actividades.
- Establecer un programa para la limpieza e inspección visual de las herramientas utilizadas en los trabajos.
- Identificar y controlar los riesgos asociados con las labores diarias realizadas por los técnicos operarios

f. Jefe de grupo

- Planificar, coordinar y supervisar la ejecución de los programas de trabajo asignados al equipo desde su concepción hasta su conclusión.
- Supervisar las labores para asegurar su conformidad con los protocolos establecidos en cuanto a normas técnicas y seguridad.
- Comprobar que los integrantes del equipo cumplen con los requisitos físicos y psicológicos necesarios, así como con el uso adecuado de elementos de seguridad y vestimenta.
- Garantizar el correcto uso y conservación de los equipos y herramientas de trabajo.

- Informar a los electricistas del grupo sobre los riesgos, medidas de prevención y protección.
- Impartir una charla introductoria de 5 a 10 minutos sobre los riesgos inherentes a las tareas a realizar.
- Cumplir con la normativa que exige el uso obligatorio del equipo de protección individual.
- Colaborar en las tareas de primeros auxilios en caso de accidente.
- Comunicar al jefe de área de seguridad industrial los peligros identificados durante las actividades realizadas.
- Mantener la orden y limpieza en el área de trabajo.
- Verificar y/o señalar el área de trabajo según sea necesario.

g. Técnico electricista

- Solicitar al jefe de grupo que proporcione información sobre los riesgos y la normativa actual en las instalaciones.
- Adherirse a la normativa que exige el uso obligatorio del equipo de protección individual.
- Comunicar al jefe de grupo cualquier novedad o condición anormal que pueda representar un riesgo durante la actividad.
- Seguir rigurosamente los protocolos de trabajo establecidos.
- Prestar atención y cumplir con las instrucciones, tareas y recomendaciones impartidas por el jefe de grupo.
- Colaborar en las labores de primeros auxilios en caso de un accidente.
- Mantener el orden y la limpieza en el área de trabajo.
- No deben usar joyas y prendas conductoras, como pulseras de reloj, brazaletes, anillos, cadenas y delantales metalizados, dentro de áreas de aproximación restringida o en lugares donde puedan representar un riesgo de contacto eléctrico con conductores o partes de circuitos eléctricos energizados.

h. Chofer transportista

- Solicitar al jefe de grupo que proporcione información sobre los riesgos y la normativa actual en las instalaciones.

- Operar la grúa con precaución, evitando movimientos bruscos que puedan ocasionar accidentes laborales.
- Cumplir con la normativa que requiere el uso obligatorio del equipo de protección individual disponible.
- Comunicar al jefe de grupo cualquier anomalía o condición inusual que pueda presentar el vehículo para prevenir posibles peligros.
- Verificar el correcto funcionamiento de la iluminación adicional para actividades nocturnas.

3.4.9 Herramientas principales

Como sugerencia se ha tomado la legislación de prevención. Donde menciona que, "las herramientas importantes para la administración e implementación del plan de prevención de riesgos, que pueden realizarse de manera programada en fases, son la evaluación de los riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva" [59].

a. Evaluación de riesgos eléctricos

La evaluación de los riesgos eléctricos consiste en estimar cómo podrían afectar la seguridad y salud de los trabajadores, proporcionando la información necesaria para que el departamento de distribución pueda tomar decisiones informadas sobre la adopción de medidas preventivas y el tipo de medidas que deben implementarse para eliminar, reducir o controlar los riesgos identificados. En este proceso, se consideró la información aportada por los técnicos, el jefe supervisor y el jefe de área de seguridad industrial, quienes, al ocupar sus cargos durante varios años, ofrecieron datos valiosos para la evaluación.

b. Planificación de actividades preventivas

Según los hallazgos derivados de la evaluación, si se identifican situaciones de riesgo, el departamento de distribución llevará a cabo las acciones preventivas requeridas para eliminar, disminuir y controlar los riesgos eléctricos identificados. Por ende, el departamento de distribución debe garantizar la implementación efectiva de las acciones preventivas establecidas en la planificación, y mediante un seguimiento

constante y evaluaciones periódicas, se podrán realizar actualizaciones según sea necesario.

- **Capacitación**

La implementación de un programa de formación en la EEASA resulta esencial para elevar las habilidades y rendimiento de los técnicos en sus respectivas áreas laborales. Además, la introducción de herramientas y equipos tecnológicos demanda un compromiso constante con la formación y la actualización de conocimientos.

Capacitaciones:

- **Conceptos básicos de electricidad**

- Las personas autorizadas para trabajar en áreas de aproximación limitada deben recibir, como mínimo, capacitación adicional en los siguientes aspectos:
 - a. Desarrollo de habilidades y técnicas esenciales para distinguir entre conductores y partes de circuitos eléctricos energizados expuestos, así como otras partes de equipos eléctricos.
 - b. Adquisición de habilidades y técnicas necesarias para determinar la tensión nominal de conductores y partes de circuitos eléctricos energizados expuestos.
 - c. Conocimiento de las distancias de aproximación referente a la frontera de protección eléctrica, según lo indicado en el numeral 1.3.7(d) de esta tesis y con ayuda de la Tabla 12 y la Tabla 13, informando las tensiones correspondientes a las cuales la persona calificada estará expuesta.
 - d. Comprensión del proceso de toma de decisiones necesario para realizar las siguientes actividades:
 - ✓ Planificación de seguridad de la tarea.
 - ✓ Identificación de peligros eléctricos.
 - ✓ Evaluación de riesgos asociados.
 - ✓ Selección de métodos de control de riesgos apropiados, siguiendo la jerarquía de controles identificados, que incluyen el uso de equipos de protección personal.

- **Revisión, Cuidado, Almacenaje, Sustitución o Renovación de Equipos de Protección Personal**
 - Propósito: actualización de competencias para llevar a cabo la revisión, cuidado, almacenaje y renovación de los EPP, haciendo uso de herramientas tecnológicas con el fin de prolongar la durabilidad de dichos equipos.
 - Logros previstos: al término de la formación, los equipos de trabajo podrán planificar eficazmente la inspección, mantenimiento, almacenaje y renovación de los equipos, estableciendo directrices adecuadas para prevenir el deterioro prematuro. Algunos fabricantes proporcionan su propio embalaje y ficha técnica, facilitando el cuidado de los EPP y preservando su vida útil.

- **Indicación preventiva de zonas de peligros eléctricos**
 - Propósito: Establecer señalizaciones en las zonas de trabajo con exposición a fuentes de corriente peligrosa en colaboración con el departamento de Seguridad e Higiene Industrial, con el fin de prevenir posibles accidentes laborales.
 - Logros previstos: La capacitación proporcionará a los equipos de trabajo una actualización de conocimientos acerca del uso de pictogramas y conos en el entorno laboral. Esto tiene como objetivo evitar cualquier impacto perjudicial para la salud de los técnicos operarios y personas externas, garantizando al mismo tiempo el desarrollo normal de las actividades laborales.

Tabla 40. Capacitación mínima de los trabajadores [60]

Formación mínima de los trabajadores								
Clase de trabajo	Trabajos sin tensión		Trabajos en tensión		Maniobras, mediciones, verificaciones		Trabajos en proximidad	
	Supresión de la tensión	Ejecución de trabajos sin tensión	Realización	Reponer fusibles	Ensayos y verificaciones	Maniobras locales	Preparación	Realización
Baja tensión	A	T	C	A	A	A	A	T
Alta tensión	C	T	C + AE con vigilancia de un supervisor	C (a distancia)	C o C auxiliado por A	A	C	A o T vigilado por A

T= cualquier trabajador A= autorizado C= cualificado C + AE= cualificado y autorizado por escrito C + P= cualificado y siguiendo un procedimiento	1. Los empleados provenientes de una empresa de trabajo temporal no tienen autorización para llevar a cabo tareas que impliquen riesgos eléctricos en Alta Tensión. 2. La ejecución de las distintas actividades se llevará a cabo de acuerdo con lo estipulado en las normativas legales vigentes.
---	--

En la Tabla 40, se especifica la capacitación mínima necesaria que deben tener los trabajadores, dependiendo de las funciones que desempeñen.

Tabla resumen de las capacitaciones

En la Tabla 41, se detallan las sesiones de formación dispuestas para el personal que labora en el departamento de transformadores. Se incluye el mes de inicio y la periodicidad con la que deben llevarse a cabo estas capacitaciones. Es importante señalar que el encargado de supervisar este proceso será el jefe de seguridad, y el equipo de trabajo está compuesto por 7 personas.

Tabla 41. Resumen de las capacitaciones

Responsable:	Jefe de Seguridad		
Beneficiarios:	Personal encargado de las pruebas eléctricas a transformadores		
N°	Capacitaciones	Mes	Frecuencia
1	Inspección de EPP	Febrero	Cada 2 meses
2	Mantenimiento de EPP	Febrero	Cada 2 meses
3	Almacenamiento de EPP	Febrero	Cada 2 meses
4	Renovación de EPP	Febrero	Cada 2 meses
5	Indicación preventiva de peligros eléctricos	Marzo	Cada 2 meses

Las personas autorizadas para trabajar en las áreas del laboratorio de pruebas de transformadores deben recibir jornadas de capacitación según lo indicado en la Tabla 42.

Tabla 42. Actividades sugeridas para la capacitación del personal del laboratorio

N°	Nombre de la actividad	Duración horas	Propósito
1	Temas básicos de seguridad e higiene industrial	5	Incorporar a los técnicos operarios y estimular su participación efectiva en las iniciativas de seguridad industrial.
2	Efectos de la intensidad de corriente eléctrica en el cuerpo humano	4	Brindar información sobre la corriente eléctrica, la resistencia eléctrica del cuerpo, la tensión eléctrica, el tiempo de contacto, entre otros aspectos informativos.

3	Peligros que surgen de la manipulación de redes de BT y MT de corriente eléctrica	4	Identificar el riesgo asociado al contacto con una parte de las instalaciones que, en ese momento, se ha vuelto conductora debido a una avería.
4	Efectos debido al contacto directo o indirecto tales como asfixia, quemaduras, fibrilación cardiaca, etc	4	Comprender las razones por las cuales la confianza excesiva al realizar labores en Baja y Media Tensión puede ser perjudicial. La falta de utilización de los Equipos de Protección Personal (EPP), herramientas adecuadas o dispositivos apropiados puede dar lugar a accidentes.
5	Recomendaciones importantes para evitar la presencia de accidentes eléctricos	3	Reconocer los fundamentos esenciales de la electricidad, observando la correcta implementación de conexiones de sistemas de puesta a tierra y el trabajo eléctrico respetando las distancias de seguridad mínimas en instalaciones eléctricas.
TOTAL HORAS		20	

Logros de aplicación de las capacitaciones

Las sesiones de capacitación posibilitarán la incorporación de mejoras en la cultura de seguridad, logrando:

- ✓ Aumentar la moral de los empleados.
- ✓ Mejorar la relación entre los jefes y los operarios.
- ✓ Incrementar la calidad del trabajo en las tareas de comprobación de pruebas.
- ✓ Facilitar la toma de decisiones y la resolución de problemas a nivel individual.
- ✓ Eliminar los temores relacionados con la incompetencia o la falta de conocimiento individual.
- ✓ Optimizar la comunicación tanto entre los grupos de trabajo como a nivel individual.
- ✓ Facilitar la implementación de las políticas organizativas.

- ***Permiso de trabajo***

También, se recomienda utilizar el formulario adjunto en el

Anexo F, para autorizar el trabajo eléctrico realizado durante las pruebas de transformadores. Este permiso para trabajar con energía eléctrica debe abordar los siguientes aspectos:

1. Descripciones detalladas de los circuitos y equipos específicos en los que se llevará a cabo el trabajo, junto con su ubicación.
2. Detalles sobre la naturaleza del trabajo a realizar.
3. Exposición de las prácticas seguras que se implementarán durante la ejecución.
4. Evaluación de riesgos eléctricos que incluya:
 - a. La tensión a la que estará expuesto el personal.
 - b. La frontera de aproximación limitada.
 - c. La frontera de aproximación restringida.
 - d. Especificación de los equipos de protección personal y otros dispositivos necesarios conforme a las normativas para realizar la tarea de manera segura y proteger contra el riesgo de choque eléctrico.
5. Métodos utilizados para limitar el acceso de personas no autorizadas al área de trabajo.
6. Confirmación de la conclusión de la sesión informativa, que debe abarcar una discusión sobre los peligros específicos asociados al trabajo.
7. Firmas de aprobación del trabajo realizado, incluyendo las de la gerencia que autoriza o es responsable y el ingeniero supervisor.

3.4.10 Procesos, procedimientos

Los ingenieros técnicos que trabajan en el área de transformadores tienen el derecho de desempeñar sus funciones en un entorno que promueva su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar. En este sentido, el departamento de distribución implementará medidas de protección contra los riesgos eléctricos, para lo cual se han

establecido procedimientos de trabajo seguro para las principales actividades llevadas a cabo en dicha área.

Área de transformadores: en esta zona, la actividad principal se centra en todo lo relacionado con transformadores, abarcando diversas tareas que involucran la realización de pruebas eléctricas en los transformadores del sistema eléctrico de la empresa. En este ámbito, se dispone de un laboratorio ubicado dentro de las instalaciones del complejo eléctrico Catiglata, con la debida autorización para llevar a cabo pruebas eléctricas en transformadores específicos. Por lo tanto, se ha establecido un procedimiento de trabajo seguro para llevar a cabo las pruebas eléctricas de rutina.

Lista de procedimientos: dentro del presente plan de prevención de riesgos eléctricos destinado al área de pruebas eléctricas en transformadores de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., se abordan los siguientes procedimientos, que se indican en la Tabla 43.

Tabla 43. Lista de procedimientos para trabajo seguro

Procedimientos de trabajo seguro en las actividades del laboratorio de transformadores	
Descripción	Código
Procedimiento para trabajo en líneas energizadas y no energizadas	EEASA-ALT-PP-P-001
Procedimiento de pruebas eléctricas en transformadores de distribución	EEASA-ALT-PP-P-002
Procedimiento de inspección, uso y cuidado del EPP	EEASA-ALT-PP-P-003
Procedimiento de actuación ante emergencias por accidente eléctrico	EEASA-ALT-PP-P-004
Procedimiento de bloqueo y etiquetado	EEASA-ALT-PP-P-005

Códigos Utilizados: con el fin de facilitar la comprensión del programa de prevención y sus diversos elementos, se empleará la siguiente nomenclatura:

- EEASA: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A.
- ALT: Área de laboratorio de transformadores
- PP: Programa de prevención.
- P: Procedimiento

a. Procedimiento para trabajo en líneas energizadas y no energizadas

	EEASA – “LABORATORIO DE TRANSFORMADORES”	
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN	Fecha: 04/01/2024
	PROCEDIMIENTO PARA TRABAJO EN LÍNEAS ENERGIZADAS Y NO ENERGIZADAS	Código: EEASA-ALT-PP-P-001
		Versión: 00
Página: 1/		

1. OBJETIVO

Sugerir protocolos de trabajo seguros tanto en líneas energizadas como desenergizadas de niveles medio y bajo de voltaje, con el objetivo de reconocer y reducir los riesgos asociados con la ejecución de las labores.

2. ALCANCE

Estas directrices son aplicables a las tareas vinculadas con la operación y manejo de redes eléctricas de voltaje medio y bajo en las actividades llevadas a cabo por el personal del departamento encargado de las pruebas de transformadores.

3. RESPONSABLES

- Técnico de seguridad
- Ingeniero Supervisor
- Director del área de transformadores y líneas energizadas
- Trabajadores técnicos operarios

4. REGLAMENTOS

Los artículos 46, 47 y 48 del Decreto Ejecutivo 2393, que establece las normativas sobre seguridad y salud de los trabajadores y la mejora del entorno ambiental.

Asimismo, se hace referencia al Acuerdo 174, que regula las disposiciones de seguridad y salud aplicables a la construcción y obras públicas.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Protocolos de seguridad para líneas bajo tensión

- Evaluar el bienestar emocional de los técnicos operativos.
- Garantizar la limpieza y organización del entorno laboral.
- Realizar labores en instalaciones con energía solo con conocimiento de prácticas seguras y equipamiento apropiado.
- El personal involucrado en operaciones con líneas eléctricas activas debe contar con la debida autorización.
- Antes de iniciar cualquier tarea en una instalación eléctrica en funcionamiento, es esencial cumplir con los siguientes requisitos:
 - Emplear los elementos de protección personal destinados para tareas eléctricas, tales como casco dieléctrico, guantes de protección para tensiones media o baja, botas dieléctricas, gafas de seguridad contra rayos ultravioleta, careta de protección facial, cinturón de seguridad, pinza voltiamperimétrica y conexiones a tierra portátiles.
 - Antes de iniciar la labor, asegurarse de deshacerse de objetos metálicos.
 - Evaluar los riesgos presentes en el lugar y sus alrededores.
 - Todo trabajo eléctrico debe ser bloqueado y etiquetado.
 - Las condiciones deben incluir la determinación de los voltajes nominales de líneas y equipos, la presencia de voltajes inducidos peligrosos, la condición de las instalaciones de protección y los conductores de puesta a tierra de equipos.
- Cada equipo presente en las líneas energizadas debe ser sometido a limpieza e inspección antes de ser utilizado.
- Se debe evitar la reconexión automática de los equipos que suministran energía directamente a las instalaciones donde se llevarán a cabo las labores.
- Es imperativo garantizar en todo momento el cumplimiento de las distancias de seguridad establecidas para trabajos en redes energizadas, según las directrices de NFPA 70E.
- La distancia entre cualquier parte del cuerpo del operador de la línea y las fronteras designadas:
 - Especialmente las fronteras de protección contra choques (frontera limitada y prohibida), debe ajustarse conforme a las circunstancias, especialmente cuando el personal se enfrenta a conductores eléctricos o componentes de circuitos energizados.

- Área de acceso restringido: solo personal debidamente cualificado y equipado con los elementos de protección personal necesarios puede realizar labores con energía activa, ya sea a través de contacto aislado o de forma remota mediante el uso de pértigas.
- En caso de tormentas eléctricas, se detendrán o no se iniciarán las tareas.
- Cada tarea eléctrica debe ser llevada a cabo por al menos dos trabajadores.
- Los empleados deben disponer de equipos de comunicación para coordinar maniobras y actividades eléctricas.
- Se recomienda el uso de pértigas con excelente capacidad de aislamiento, de longitud apropiada, ligeras y fáciles de maniobrar.
- Cuando se realicen labores en líneas de media tensión, el técnico operativo debe encontrarse sobre plataformas aisladas.
- Para tocar líneas o equipos energizados con las manos, estos deben estar protegidos con guantes de goma aislante.

5.2 Trabajos sin tensión reposición de la tensión

Para restablecer la tensión, se seguirá el proceso inverso al utilizado para desactivarla:

1. Retirar, si es necesario, las protecciones adicionales y la señalización.
2. Retirar, si es necesario, la puesta a tierra y el cortocircuito, comenzando por las pinzas de los elementos más cercanos y finalizando con la pinza de la puesta a tierra.
3. Desbloquear y/o retirar la señalización de los dispositivos de corte.
4. Cerrar los circuitos para restablecer la tensión. Si se omite alguna de estas fases, se considerará que la parte de la instalación afectada sigue bajo tensión.
5. Informar a las personas trabajadoras y al responsable de la instalación sobre la reposición de la tensión.
6. Verificar que todos los trabajadores han abandonado la zona.
7. Garantizar la retirada completa de la puesta a tierra y el cortocircuito.
8. Activar los dispositivos y comprobar su correcto funcionamiento.

5.3 Reglas de Oro para desenergizar la línea

5.3.1 Primera regla: se procede a la desconexión total de cada fuente de tensión.

- Realizar la apertura con un evidente corte de todas las fuentes de tensión a través de la pértiga mediante interruptores, fusibles, puentes, conexiones desmontables u otros dispositivos de corte, de modo que se evite el retorno de la tensión.

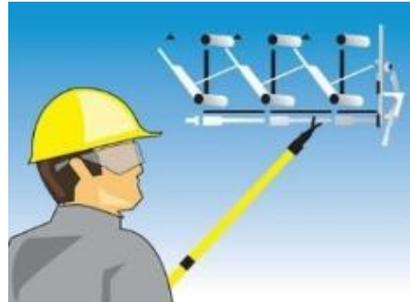


Figura 61. Primera regla de oro

5.3.2 Segunda regla: inmovilización de los dispositivos de desconexión y colocación de su respectiva señalización.

- Realizar la inmovilización y etiquetado de los dispositivos o herramientas empleadas para desconectar la energía, con el fin de prevenir accidentes por una eventual reconexión.
- Adjuntar una señalización al dispositivo de bloqueo indicando la prohibición de manipularlo. Esta señal debe ser fabricada con material aislante y debe mostrar el nombre de la persona que lleva a cabo las labores.



Figura 62. Segunda regla de oro

5.3.3. Regla tres: confirmar la inexistencia de tensión.

- Se lleva a cabo la verificación de la ausencia de tensión mediante un multímetro.

- En este proceso, es esencial utilizar guantes aislantes y calzado dieléctrico apropiado al nivel de tensión presente en la instalación. Se realiza la medición de la tensión en todos los conductores y equipos ubicados en la zona de trabajo.
- En caso de no ser posible la medición directa, se recurre al uso de pinza-amperimétrica.

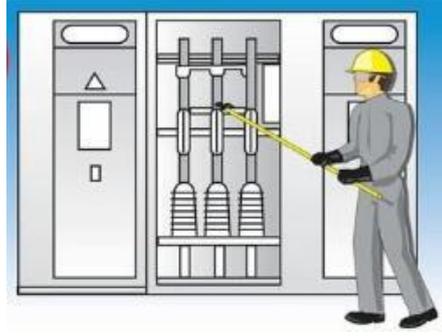


Figura 63. Tercera regla de oro

5.3.4 Regla cuatro: realizar la conexión a tierra y establecer cortocircuitos en todas las fuentes de tensión potenciales.

- Antes de iniciar las tareas, es esencial conectar a tierra y establecer cortocircuitos en las secciones de la instalación donde se llevarán a cabo los trabajos.
- Antes de realizar la conexión a tierra, se debe asegurar la ausencia de tensión en el elemento que se conectará.
- Las conexiones a tierra deben ser establecidas lo más cercanas posible a las áreas de trabajo y deben estar visibles para los trabajadores.



Figura 64. Cuarta regla de oro

5.3.5 Quinta regla: señalización en el área de trabajo.

- Es necesario establecer una señalización de seguridad para delimitar claramente la zona de trabajo. Se emplean cintas de colores negro y amarillo

para marcar de manera física el acceso a áreas energizadas, donde la proximidad a una distancia menor representa un riesgo.

- Durante la noche, se debe incorporar el uso de luces intermitentes como parte de la señalización.
- Es necesario realizar inspecciones visuales para observar si las borneras adquieren un tono rojizo, indicativo de niveles críticos de temperatura generados por diferentes tipos de tensión.
- La verificación regular del estado de las conexiones a tierra y de los interruptores diferenciales es fundamental.
- Es relevante tener en cuenta que todos los cables permanecen energizados incluso después de realizar maniobras de corte, por lo que se debe verificar de manera concluyente la ausencia de tensión.



Figura 65. Quinta regla de oro

6. Infraestructura

Oficina administrativa del laboratorio de la EEASA, área de instalaciones del laboratorio de pruebas de transformadores.

7. CONTROLES

7.1 Documentos

- Informe de medición y evaluación de riesgo eléctrico.
- Permiso de trabajo eléctrico (Anexo F)

7.2 Requisitos de norma

Según lo sugerido por la guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico del INSST.

8. CONTROL DE CAMBIOS

Nº Revisión	Páginas revisadas	Descripción del cambio	Fecha de actualización

9. FIRMAS DE REVISIÓN

	Nombre / Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por:	Christian Daniel Shiguango		
Revisado por:	Ing. Jeanette Ureña		
Aprobado por:	Jefe de sección del área de transformadores		

b. Procedimiento de pruebas eléctricas de transformadores de distribución

	EEASA – “LABORATORIO DE TRANSFORMADORES”	
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN	Fecha: 04/01/2024
	PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS EN TRANSFORMADORES	Código: EEASA-ALT-PP-P-002
		Versión: 00
Página: 1/		

1. OBJETIVO

Establecer un procedimiento estándar aplicable en las actividades de pruebas eléctricas de transformadores de media y baja tensión para desarrollar de manera segura el trabajo y así evitar los accidentes eléctricos.

2. ALCANCE

Incluye las tareas necesarias para manejar adecuadamente las tensiones de red en voltajes de inducción durante las pruebas de rutina en los transformadores de distribución. Este manual será empleado en la formación y/o capacitación de los técnicos operarios encargados de realizar las pruebas de laboratorio en los transformadores, los cuales verifican el adecuado funcionamiento de estos equipos de fábrica. Estas actividades se realizan en las instalaciones del laboratorio de la EEASA.

3. REFERENCIAS

- Normativa Técnica para Instalaciones Eléctricas, RETIE 2013
- NFPA 70E, Norma para seguridad eléctrica en lugares de trabajo 2018.
- NTP 560, Sistema de Gestión Preventiva: Procedimiento para la elaboración de instrucciones de trabajo.
- ASTM F 1505, Especificación estándar para herramientas manuales aisladas y aislantes.

4. DEFINICIONES

Circuito eléctrico: Es el sistema que hace posible controlar la corriente eléctrica, es decir, el camino que sigue la electricidad desde el polo positivo (fase) al polo negativo (neutro). Un circuito eléctrico se compone de diversos dispositivos, los cuales están conectados entre sí mediante los conductores eléctricos.

Transformador: el transformador, es una máquina eléctrica estática que transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía se produce por efectos de flujo magnético a través del material ferromagnético.

Transformador monofásico: es aquel dispositivo que convierte un sistema de voltaje serie dado en otro sistema de la misma frecuencia y diferente valor eficaz que tiene una sola fase.

5. RESPONSABILIDADES

El director del departamento de transmisión debe:

- Anticipar la disponibilidad de los recursos tecnológicos y de formación (capacitación, entrenamiento) necesarios para llevar a cabo el proceso descrito en este documento.
- Garantizar que tanto la documentación externa como interna (referencias) utilizada para la ejecución de este procedimiento esté actualizada.
- Comprender y verificar el alcance de este procedimiento, asegurando su conformidad con la normativa vigente y su coherencia con lo establecido en la Política de Calidad de la EEASA.
- Formalizar la aprobación de este procedimiento.
- Mantener a las autoridades correspondientes informadas sobre eventos significativos ocurridos durante la ejecución de este proceso.
- Establecer las directrices para el seguimiento continuo de los procesos.

El jefe de la Sección y/o área de transformadores y líneas energizadas debe:

- Asegurar que las políticas descritas en este documento estén alineadas con la normativa actual y sean implementadas de manera efectiva por el personal del área de transformadores.
- Garantizar que el personal del laboratorio de transformadores conozca y comprenda este documento, así como la documentación interna y externa (referencias) y temas asociados relevantes para llevar a cabo este procedimiento.

- Informar al director del departamento de distribución sobre eventos significativos de gran impacto derivados de la ejecución del proceso.
- Implementar lo especificado en este documento, utilizando todos los recursos tecnológicos y directrices mencionadas en el procedimiento.
- Coordinar con los operadores del departamento de distribución la restauración del Sistema Eléctrico de la EEASA, total o parcialmente, en caso de situaciones de emergencia en el área de transformadores, ya sea que impliquen o no suspensiones de servicio.
- Reportar de manera oportuna al director de distribución cualquier novedad o evento significativo relacionado con la operación.
- Verificar la coherencia y claridad de los registros de la operación diaria.
- Aprobar y autorizar los registros resultantes de la ejecución de este procedimiento, dejando constancia de estas acciones en la bitácora del departamento.
- Garantizar el cumplimiento de lo establecido en el procedimiento siguiente.

El ingeniero supervisor debe:

- Antes de iniciar cualquier tarea, informar a todo el personal a cargo sobre las limitaciones y peligros asociados al trabajo.
- Ser responsable de revisar y aprobar este procedimiento y de supervisar la correcta ejecución del mismo.
- En sitios donde haya más de una persona trabajando sin supervisión directa, el supervisor designará al técnico más experimentado como jefe de grupo para supervisar las labores.
- Cuando el electricista se encuentre cerca de equipos o áreas peligrosas con las que no esté familiarizado, el supervisor o responsable del grupo no permitirá su intervención hasta que reciba la debida instrucción y capacitación.
- Asegurarse de que todo el grupo de trabajo cuente con todas las herramientas necesarias para la tarea planificada.
- No se permitirá el uso de herramientas o equipos en mal estado o que no hayan sido proporcionados por la empresa.

- El supervisor no autorizará la realización del trabajo a un solo técnico operario en ningún caso; siempre se requerirá un mínimo de dos personas para llevar a cabo estas actividades.
- En caso de que la superficie de sustento presente humedad, se deberá proporcionar alfombras aislantes.
- Estimular la comunicación activa y participativa para impulsar la colaboración en equipo, con el fin de prevenir situaciones de riesgo y condiciones propicias para posibles errores.

El técnico operario electricista debe:

- Coordinar con el personal de la sección de reparaciones del Departamento de Distribución para restablecer y normalizar el sistema eléctrico de la EEASA en situaciones de emergencia generadas por contingencias.
- Realizar las acciones necesarias para garantizar la continuidad del servicio en condiciones de operación de emergencia.
- Comunicar las disposiciones de manera clara y precisa, solicitando a la persona receptora que las repita para asegurarse de su comprensión. Registrar todas las novedades relacionadas con las actividades rutinarias y/o la contingencia en la bitácora.
- Informar de manera inmediata al jefe de la sección y/o área de transformadores y líneas energizadas sobre novedades relevantes relacionadas con el siguiente procedimiento.
- El técnico operador encargado de las tareas de pruebas eléctricas durante la ejecución de este procedimiento debe seguir el esquema especificado y ser responsable de su correcta ejecución de esta guía.

6. DESARROLLO

6.1 Previo a la ejecución de pruebas eléctricas

Al recibir la planificación del ingeniero supervisor, el electricista examinará todos los equipos y herramientas que utilizará de acuerdo con la tarea asignada. En caso de detectar daños o imperfecciones, el supervisor deberá sustituirlos por elementos en buen estado.

Además, llevará a cabo una inspección del área de trabajo donde realizará sus labores para identificar posibles condiciones inseguras.

6.2 Durante la ejecución del trabajo

Prevención de incidentes mecánicos: la mayoría de los incidentes no deseados tienen lugar en el lugar de trabajo. Por lo tanto, es imperativo que cada electricista realice una inspección visual de posibles riesgos en su entorno, como materiales que puedan bloquear los pasillos, puertas en mal estado, suelos irregulares y espacios reducidos e incómodos. Además, está estrictamente prohibido colocar equipos o herramientas que puedan obstruir salidas y escaleras de emergencia.

Organización y aseo: es fundamental mantener un ambiente ordenado y limpio en cualquier tarea laboral. Esta práctica contribuirá significativamente a mejorar la imagen de la empresa que el trabajador representa. Por lo tanto, se requiere evitar la combinación de herramientas con desechos y garantizar que los desechos y escombros generados durante las labores se depositen en los contenedores designados por el ingeniero supervisor.

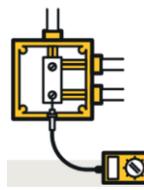
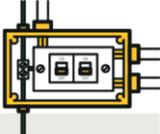
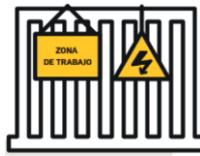
6.3 Prevención de accidentes de orden eléctrico.

La necesidad de prevenir accidentes relacionados con el uso de la electricidad relaciona a la importancia de adoptar medidas preventivas de manera continua. Aunque se busque evitar los accidentes, siempre existe la posibilidad de que ocurran, y es esencial tomar medidas inmediatas en caso de que sucedan. Por ende, es fundamental tener presente que una breve distracción del personal puede ocasionar lesiones graves e incluso poner en riesgo la vida al manipular tensiones eléctricas. Por ello, es crucial destacar los siguientes puntos:

1. Verificar exhaustivamente la zona de trabajo.
2. Elaborar un diagrama de las tensiones presentes.
3. Utilizar en todo momento equipos de protección personal y herramientas en óptimas condiciones.
4. Mantenimiento: Realizar inspecciones regulares en el sistema eléctrico y efectuar reparaciones de manera oportuna.

5. Personal: Proporcionar capacitación especializada a los técnicos electricistas, enfocada en sus tareas específicas y en la prevención de riesgos. Asimismo, asegurar que cuenten con las herramientas, materiales y equipos adecuados.
6. Señalización: Informar sobre los trabajos en curso y colocar señales de seguridad, como tarjetas en los tableros de control, para evitar la intervención de terceros que puedan energizar áreas en proceso de intervención.
7. Se sugiere realizar previamente un diagrama de tensión antes de llevar a cabo cualquier tarea eléctrica. Este diagrama debe señalar todas las fuentes de entrada de energía y sus rutas, permitiendo identificar las fuentes de corriente y asegurando que al interrumpir la energía se eliminen todas las entradas de corriente, previniendo incidentes no deseados.
8. Observar y cumplir rigurosamente las 5 reglas de Oro que se detallan a continuación.

Tabla 44. Cinco reglas de oro del técnico electricista

Nombre	Descripción	Gráfico
Corte efectivo de todas las fuentes de tensión	Desconectar, con una interrupción claramente visible, todas las fuentes de energía, utilizando interruptores y seccionadores que garanticen que no se puedan cerrar de manera imprevista.	
Bloqueo y enclavamiento de los aparatos de corte	Aplicar bloqueo y etiquetado a los dispositivos o herramientas utilizadas para inmovilizar la energía, con el fin de prevenir accidentes relacionados con la activación accidental del área de trabajo.	
Verificar la Ausencia de Tensión	Previo a llevar a cabo esta tarea, se considerará que la instalación está energizada. El operador verificará la tensión mediante un multímetro o un comprobador de energía, utilizando guantes aislantes y calzado con aislamiento (botas o alfombra aislante) apropiados para el nivel de tensión de las pruebas.	
Poner a tierra y en cortocircuito de todas las fuentes posibles de tensión	Antes de iniciar las labores, se procederá a poner a tierra y en cortocircuito las partes de la instalación en las que se realizarán los trabajos.	
Proteger frente a los elementos cercanos en tensión por señalización	Es fundamental establecer una señalización de seguridad que delimite claramente la zona de trabajo respecto de los valores de tensión (voltaje o intensidad) que se manejan en cada prueba eléctrica.	

6.4 Proceso para establecer y verificar una condición de trabajo eléctricamente segura

En actividades como la sustitución de interruptores, intervenciones en transformadores de corriente, instalación y retirada de medidores, apertura de condensadores y medición de tensión y corriente, se deben seguir procedimientos seguros de acuerdo con las pautas establecidas en normativas como NFPA 70E o IEC 60364 [34]. Además, para el aseguramiento de la condición segura de trabajo en términos eléctricos implicará llevar a cabo las siguientes acciones:

1. Realización de un análisis de riesgos que incluya la identificación de la tensión y la potencia de cortocircuito.
2. Identificación exhaustiva de todas las fuentes posibles de suministro de energía eléctrica al equipo específico mediante la revisión detallada de planos, diagramas y etiquetas de identificación.
3. Colocación de etiquetas que especifiquen el nivel de riesgo y el equipo de protección personal (EPP) necesario.
4. Señalización adecuada del área de trabajo.
5. Contar con el entrenamiento adecuado para llevar a cabo trabajos en tensión.
6. Verificación de la orden de trabajo, la cual debe estar firmada y autorizada.
7. Uso de EPP certificado según el nivel de tensión y la energía incidente involucrada.
8. Restricción para que personas no capacitadas no sobrepasen el límite de aproximación seguro.
9. Recomendar la marcación del límite de proximidad restringida mediante una franja visible utilizando pintura reflectante, estableciendo un cerco temporal o implementando barreras de seguridad, que incluyan la colocación de una alfombra aislante en el área de trabajo.
10. Observar y cumplir las distancias mínimas de aproximación en las proximidades de partes energizadas.
11. Tras interrumpir de manera adecuada la corriente de carga, proceder a abrir el dispositivo de desconexión correspondiente para cada fuente de energía.
12. Verificar visualmente, siempre que sea posible, que todas las cuchillas de los dispositivos de desconexión estén completamente abiertas.

13. Liberar la energía eléctrica almacenada.
14. Desactivar o asegurar la energía mecánica almacenada.
15. Aplicar dispositivos de bloqueo y etiquetado de acuerdo con el procedimiento establecido.
16. Utilizar un equipo de prueba portátil con el valor nominal adecuado para evaluar cada conductor de fase o sección del circuito, asegurándose de que estén completamente sin energía.

6.4.1 Medidas preventivas durante la ejecución de labores con corriente eléctrica

- ✓ Evitar distracciones externas y seguir rigurosamente las instrucciones de los procedimientos, manteniendo la concentración en la actividad.
- ✓ Dar prioridad al cumplimiento de las 5 reglas de oro fundamentales.
- ✓ Asegurarse de utilizar siempre el equipo de protección personal y revisar el estado de las herramientas antes de su utilización.
- ✓ Considerar que todos los cables están energizados, incluso después de realizar las maniobras de corte, por lo que se debe verificar la ausencia de tensión.
- ✓ Evitar la utilización de aparatos energizados en zonas húmedas o mojadas.
- ✓ Realizar inspecciones periódicas a los cables y enchufes, sustituyendo aquellos que se encuentren en mal estado.
- ✓ Garantizar que las herramientas eléctricas de mano estén debidamente protegidas contra contactos eléctricos.
- ✓ Asegurar que los cables estén correctamente contenidos, protegidos y con el aislamiento adecuado.
- ✓ Seguir estrictamente los procedimientos de trabajo establecidos.
- ✓ Verificar con regularidad el estado de las puestas a tierra y de los disyuntores diferenciales existentes.
- ✓ Asegurarse de que los circuitos en los que se va a trabajar estén desenergizados, bloqueados y señalizados de manera adecuada.

6.5 Procedimientos de pruebas eléctricas

- **Prueba de relación transformación**

Objetivo: Verificar que las relaciones de transformación para las diferentes posiciones del TAP de un transformador están dentro de la tolerancia de medición.

Instrumento a utilizar: MEDIDOR DTR, marca: MEGGER, modelo: 8510 SINGLE-PHASE-TRANSFORMER – AEMC Instruments

Procedimiento:

- Teórico:

La relación de transformación es el número de vueltas que lleva el devanado de alta tensión contra el número de vueltas del devanado de baja tensión. Para los transformadores que tienen cambiador de derivaciones (tap's) para cambiar su relación de voltaje la relación de transformación se basa en la comparación entre el voltaje nominal de referencia del devanado respectivo contra el voltaje de operación o porcentaje de voltaje nominal al cual está referido. La relación de transformación de estos transformadores se deberá determinar para todos los tap's y para todo el devanado.

- Práctico:

Procedimiento práctico	
Pasos	Descripción
1	Medir la temperatura ambiente
2	Inspeccionar la ausencia de tensión en los bornes de media tensión y baja tensión
3	Conectar los dos conjuntos de cables de salida del equipo de medición DTR
4	Realizar la conexión para transformadores Monofásicos: Los cables con pinzas (H) conectar de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none">- Pinza roja de salida del equipo de medición al bushing MT (H1) del transformador.- Pinza negra de salida del equipo de medición hacia el bushing de tierra del transformador. <ul style="list-style-type: none">- Los cables con pinzas (X) conectar de la siguiente manera:- Pinza roja de salida del equipo de medición al bushing BT (X1) del transformador.- Pinza negra de salida del equipo de medición hacia el bushing BT X2 (neutro) del transformador. Trifásicos: Los cables con pinzas (H) conectar de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none">- Cable blanco al bushing de tierra del transformador.

	<ul style="list-style-type: none"> - Cable rojo de salida del equipo de medición al bushing MT (H1) del transformador. - Cable amarillo de salida del equipo de medición al bushing MT (H2). - Cable azul de salida del equipo de medición al bushing MT (H3). - Pinza negra de salida del equipo de medición hacia el bushing de tierra del transformador. <p>Los cables con pinzas (X) conectar de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cable blanco al borne de neutro (X0). - Pinza roja de salida del equipo de medición al bushing BT (X1). - Pinza amarilla de salida del equipo de medición al bushing BT (X2). - Pinza azul de salida del equipo de medición hacia el bushing BT (X3).
5	<p>Encender y configurar el equipo de medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Configurar según las etiquetas de parámetros: Id del transformador, tensión nominal, f-f (13800V), número de posiciones del tap (5pos), tensión nominal, alta tensión pos H y diferencia de posición de 2,50 %. - Configurar parámetros en baja tensión: tensión nominal (F-F): 220 V o 240V y número de posiciones X en 0.
6	Colocar el tap nominal inicial en el transformador.
7	Luego de haber conectado los cables a los respectivos terminales, procedemos a realizar la prueba una vez configurado previamente para el tipo de conexión requerida. Comenzar la prueba e inyectar 80 V hasta saturar el núcleo.
8	Realizar las mediciones colocando el TAP en la siguiente secuencia: 1,2,3,4,5
9	Registrar las lecturas que arroja el equipo de medida en su panel de visualización en el Anexo J; Error! No se encuentra el origen de la referencia. , punto 6.
10	Repetir estas acciones para cada una de las posiciones del conmutador.
11	Dejar en la posición nominal el Tap conmutador y comprobar.
12	Descargar los terminales de baja tensión con el sistema de cable de puesta a tierra.
13	Quitar los cables de medición y guardarlos adecuadamente

Criterio de aprobación: la tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador está sin carga debe ser de +/- 0.5 % en todas sus derivaciones. El coeficiente para aumentar o disminuir el voltaje de acuerdo con el Tap en el que se encuentra el transformador es 0,025. **Criterio de aprobación:** el voltaje de salida obtenido de estas operaciones debe ser iguales a VBT.

Registro: registre los resultados en el Formato “Registro de pruebas eléctricas de transformadores, Anexo J, en el punto 6.

Gráfico de conexiones:

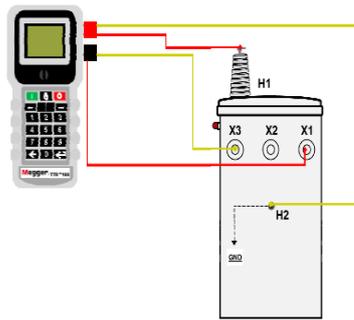


Figura 66. Conexión TTR con transformador monofásico tipo csp relación H1H2-X1X3

- **Prueba de resistencia de bobinados**

Objetivo: Esta prueba tiene la finalidad de verificar la resistencia óhmica de los devanados. Con su aplicación se detectan los falsos contactos y espiras en corto circuito al compararse con los datos anteriores en caso de no tenerlos considerarlos como iniciales.

Instrumento a utilizar: marca: Tinsley, modelo: 5896 Transformer microhmeter 25 A.

Procedimiento:

- Teórico:

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción son fuente de problemas en los circuitos eléctricos, ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia. Ésta prueba nos detecta esos puntos. En general, ésta se utiliza en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión deslizables, tales circuitos se encuentran en interruptores, restauradores, dedos de contacto de reguladores, o de cambiadores de derivaciones y cuchillas seccionadoras.

- Práctico:

Procedimiento práctico	
Pasos	Descripción
1	Medir la temperatura ambiente inicial (20 °C – 36 °C)
2	Inspeccionar la ausencia de tensión en los bornes de media tensión y baja tensión
3	Chequear la presencia del sistema de puesta a tierra.
4	Para realizar esta prueba realice las siguientes conexiones con los cables de salida del Óhmetro conjunto de cables (Rojo C1-P1 y Negro P2-C2).
5	Realizar la conexión para transformadores

	<p>Monofásicos: Media Tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, cable rojo con alicate de agarre hacia el bushing (H1) y cable negro con alicate de agarre hacia el bushing de tierra del transformador. - Colocar pinza de sujeción roja en H1 y pinza negra de sujeción en el bushing de tierra. <p>Baja Tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, cable rojo con alicate de agarre hacia el bushing (X3) y cable negro con alicate de agarre hacia el bushing X1 del transformador. - Colocar pinza de sujeción roja en X3 y pinza negra de sujeción en el bushing X1. <p>Trifásicos: Media Tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, pinzas rojas en H1 y pinzas negras en H2 para la relación H1-H2. - Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, cable rojo con alicate de agarre hacia el bushing (H2) y cable negro con alicate de agarre hacia el bushing (H1). - Colocar pinza de sujeción roja en H2 y pinza negra de sujeción en el bushing de H1. - Esperar la indicación del foco de descarga completa de energía para proceder a cambiar las conexiones para las relaciones siguientes: H1-H3 y H2-H3. <p>Baja Tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, pinzas rojas en X1 y pinzas negras en X0 para la relación X0-X1. - Colocar los cables en pares por colores en cada uno de los puntos de prueba señalados, cable rojo con alicate de agarre hacia el bushing (X1) y cable negro con alicate de agarre hacia el bushing (X0) neutro. - Colocar pinza de sujeción roja en X1 y pinza negra de sujeción en el bushing de X0. - Esperar la indicación del foco de descarga completa de energía para proceder a cambiar las conexiones para las relaciones siguientes: X0-X2 y X0-X3.
6	<p>Encender y configurar el equipo de medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajustar la escala de acuerdo con la medición a realizar para media tensión se requiere la escala (250 mA y 100 ohmios de resistencia). Para baja tensión se requiere de la escala (5A y 1 ohmio de resistencia). - Aplastar el botón de Charge (Read) para inyectar el amperaje. - Esperar a la lectura del equipo: mientras está encendido el indicador de Hazard no se debe acercarse al transformador. - Aplastar el botón de Discharge (Zero) para descargar la energía a través de un banco de condensadores interno propio del equipo.
7	Apagar el equipo desde Power On y esperar la indicación de descarga.
8	Retirar los cables de conexión y guardarlos.
9	Registrar las lecturas que arroja el equipo de medida en su panel de visualización en el Anexo J;Error! No se encuentra el origen de la referencia. , punto 7.
10	Descargar los terminales de baja tensión con el sistema de cable de puesta a tierra.
11	Registrar la temperatura final luego de la prueba ejecutada.

Criterio de aprobación: la tolerancia para la resistencia de los bobinados es la siguiente:

Devanado	Criterio de aceptación
(H1-H2), (H2-H3), (H1-H3)	Esta lectura siempre será mayor en estos puntos de medición con respecto al secundario.
(X1-X2), (X2-X3)	Las lecturas obtenidas entre estos puntos son la medición de cada bobina por separado.
X1-X3	La lectura obtenida entre estos puntos debe ser igual a la suma de las lecturas obtenidas entre X1-X2 más X2-X3.

Registro: registre los resultados en el Formato “Registro de pruebas eléctricas de transformadores, Anexo J, en el punto 7.

Gráfico de conexiones:

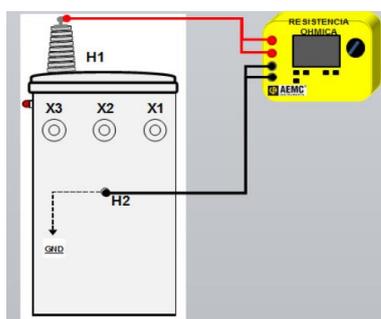


Figura 67. Conexión óhmetro con transformador monofásico tipo csp relación H1-H2

- **Prueba de pérdidas en vacío**

Objetivo: Tiene el fin de determinar la corriente en vacío I_0 , E_l (% de I_n), la potencia P_0 , con el fin de medir las pérdidas en el hierro.

Instrumento a utilizar: marca: Yokogawa, modelo: WT333E Digital Power Meter para transformadores trifásicos y Schneider Power Logic PM5108 para transformadores monofásicos.

Procedimiento:

- Teórico:

La potencia P_0 representa las pérdidas en vacío del transformador, las cuales resultan de la suma de las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas en el núcleo, siendo de hecho el efecto térmico no considerable. Esta prueba se puede efectuar alimentando indiferentemente el bobinado primario o secundario del transformador, manteniendo el bobinado no utilizado abierto. Tal elección está en función de la tensión de alimentación disponible. Para la regulación de la tensión se recomienda utilizar un

variador de tensión con inducción. Se ingresa voltajes por las fases 240 V, lo cual genera 7970V que es el voltaje nominal del primario.

- Práctico:

Procedimiento práctico	
Pasos	Descripción
1	Medir la temperatura ambiente inicial (20 °C – 36 °C)
2	Inspeccionar la ausencia de tensión en los bornes de media tensión y baja tensión
3	Chequear la presencia del sistema de puesta a tierra.
4	Para realizar esta prueba se procede a conectar el descargador y el aterrizaje de la tierra en equipos monofásicos.
5	Conecte los cables de poder al transformador
6	Realizar la conexión para transformadores Monofásicos: Baja Tensión <ul style="list-style-type: none"> - Pinza roja de salida del equipo de medición al bushing BT (X1) del transformador. - Pinza negra de salida del equipo de medición hacia el bushing X3. - Conectar el puente entre el bushing de tierra del transformador con el borne X2 neutro. Trifásicos: Baja Tensión <ul style="list-style-type: none"> - Colocar las tres pinzas de salidas rojas del equipo de medición en el bushing de MT X1, X2 y X3 y la pinza de salida negra del equipo de medición en el bushing de neutro X0. - Conectar el puente entre el borne de tierra del transformador con el borne neutro X0.
7	Encender y configurar el equipo de medición: <ul style="list-style-type: none"> - Ajustar el medidor del equipo y sus controles para realizar la prueba eléctrica. - Aplastar el botón de Charge (Read) para inyectar el amperaje. - Aplicar el voltaje de prueba en baja tensión de (220V) para transformadores trifásicos y (240V) en transformadores monofásicos, poco a poco por si existiera una falla interna. - Bajar el voltaje desde el equipo de medición hasta desenergizar completamente el transformador.
8	Recuerde conectar a tierra el transformador
9	Apagar adecuadamente el equipo de medición.
10	Retirar los cables de conexión y guardarlos.
11	Registrar las lecturas que determina el equipo de medida en su panel de visualización en el ANEXO J, punto 8. Registrar en el formato los valores de: V_{in} , I_a , pérdida medida W_a y factor de potencia $FP_{\cos\theta}$
12	Descargar los terminales de baja tensión con el sistema de cable de puesta a tierra.
13	Registrar la temperatura final luego de la prueba ejecutada.

Criterio de aprobación: Para conocer los valores de aceptación que es la pérdida en vacío medida, revise las Tablas de Valores Máximos Permisibles para Transformadores de Distribución Monofásicos, en el punto 6 del presente procedimiento.

Registro: registre los resultados en el Formato “Registro de pruebas eléctricas de transformadores, Anexo J, en el punto 8.

Gráfico de conexiones:

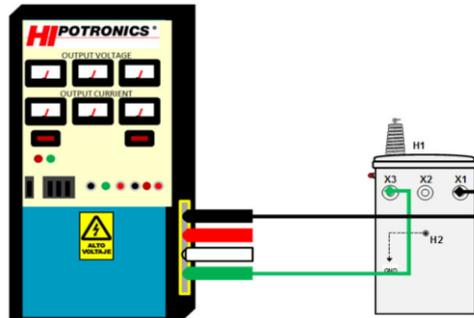


Figura 68. Modo de prueba de tensión en vacío de transformador

- ***Prueba de pérdidas en cortocircuito***

Objetivo: Esta prueba tiene como finalidad determinar la resistencia equivalente del transformador. Determinar las variaciones de la tensión secundaria que se verifican en el paso de vacío a carga del transformador, con el fin de identificar las pérdidas en las bobinas.

Instrumento a utilizar: marca: Yokogawa, modelo: WT333E Digital Power Meter para transformadores trifásicos y Schneider Power Logic PM5108 para transformadores monofásicos.

Procedimiento:

- Teórico:

Se efectúa poniendo uno de los dos bobinados con corto circuito, alimentando el otro con una tensión regulable desde cero, hasta alcanzar el valor de la corriente nominal del bobinado. La tensión que se exige con tal fin puede ser de la orden del 4 al 10% del Voltaje nominal del bobinado donde se efectúa la alimentación; tal tensión es definida tensión de corto circuito del transformador. En esta prueba, la entera potencia absorbida corresponde a las solas pérdidas del cobre de los bobinados.

A su vez se podrán entonces determinar las variaciones de la tensión secundaria que se verifican en el paso de vacío a carga del transformador. En esta prueba es indiferente

alimentar el bobinado primario o secundario. Se simula la corriente en media tensión y se hace el conexionado en cortocircuito en baja tensión.

- Práctico:

Procedimiento práctico	
Pasos	Descripción
1	Medir la temperatura ambiente inicial (20 °C – 36 °C)
2	Inspeccionar la ausencia de tensión en los bornes de media tensión y baja tensión
3	Chequear la presencia del sistema de puesta a tierra.
4	Para realizar esta prueba se procede a conectar el descargador y el aterrizaje de la tierra en equipos monofásicos.
5	<p>Realizar la conexión para transformadores</p> <p>Monofásicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la conexión a tierra, entre el bushing X2 (neutro) con borne de tierra del transformador. - Colocar cable negro con pinza de sujeción al borne neutro X2 y el cable rojo de sujeción al bushing de media tensión H1. - Realizar una conexión en cortocircuito en las bobinas de baja tensión, colocando para ello el cable negro en los bornes señalizados de X1 a X3. <p>Trifásicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la conexión a tierra, entre el bushing X0 (neutro) con el borne de tierra del transformador. - Realizar una conexión en cortocircuito en las bobinas de BT, para ello colocar las pinzas de sujeción en: borne X1 con H2, y borne X2 con X3. - Colocar los tres cables rojos con pinzas de sujeción hacia los bushings de MT H1, H2 y H3. - Colocar el cable blanco con pinza de sujeción hacia al borne neutro X0 en BT.
6	Conectar a tierra el transformador
7	En el acto práctico es necesario tener presente que es oportuno que las corrientes en juego alcancen el valor nominal de plena carga tanto en el lado del bobinado de alimentación I_{MT} y en el otro cerrado con corto circuito I_{BT} .
8	<p>Encender y configurar el equipo de medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variar monofásico y variar trifásico: esperar un minuto para que se calibre el equipo. - Ajustar el medidor del equipo y sus controles para realizar la prueba. - Una vez conocido el valor de corriente nominal a inyectar, enviar la carga (energizar el transformador) hasta alcanzar el valor de I_n en el lado de MT. - Bajar la carga de inducción desde el equipo de medición hasta desenergizar el transformador. - Apagar adecuadamente el equipo de medición.
9	Registrar las lecturas que determina el equipo de medida en su panel de visualización en el Anexo J, punto 9. Registrar en el formato los valores de: V_{In} , I_n , pérdida medida W_a y factor de potencia $FP_{\cos\theta}$
10	Descargar cada uno de los terminales de baja tensión con el sistema de cable de puesta a tierra.
11	Retirar los cables de conexión y guardarlos.
12	Registrar la temperatura final luego de la prueba ejecutada.

Criterio de aprobación: para conocer los valores de aceptación que es la pérdida medida en el cobre, revisar las Tablas de Valores Máximos Permisibles para

Transformadores de Distribución Monofásicos y Trifásicos, en el punto 6 de éste Procedimiento.

Registro: registre los resultados en el Formato “Registro de pruebas eléctricas de transformadores, Anexo J, en el punto 9.

Gráfico de conexiones:

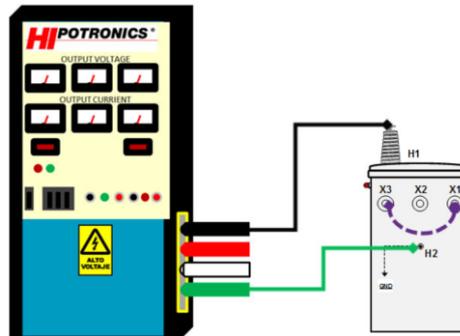


Figura 69. Modo de conexión para prueba de cortocircuito de transformador

- ***Prueba de resistencia de aislamiento***

Objetivo: verificar que los aislamientos del transformador bajo prueba cumplan con la resistencia mínima soportable bajo la operación a la que serán sometidos, así como de comprobar la no adecuada conexión entre sus devanados y tierra para evaluar un buen diseño del producto y que no exista defectos en el mismo. Se verifica que no hay partes activas en el transformador que estén chocando o que el aceite esté en malas condiciones, para saber que no haya contacto entre bobinas, ni bobinas contra la carcasa.

Instrumento a utilizar: Medidor Óhmetro, marca: METREL, modelo: MI 3205 Tera OhmXA 5kV

Procedimiento:

- Teórico:

Básicamente se considera que, al probar un transformador, se deben determinar las condiciones del aislamiento entre los devanados primario y secundario contra Tierra. Todas las pruebas se hacen por lo general con duración de dos minutos y con el voltaje de acuerdo al devanado a probar (5 kV).

El significado de la resistencia de aislamiento generalmente requiere de cierta interpretación y depende básicamente del diseño, sequedad y limpieza de los aislantes que envuelven al transformador. El procedimiento de prueba para la medición de la resistencia de aislamiento de un transformador está descrito en las normas y contiene básicamente los siguientes puntos clave:

- La temperatura de los devanados y del líquido aislante deben estar cercanos a (20°C – 36°C).
- Todos los devanados deben estar inmersos en el mismo líquido aislante.
- Todos los devanados deben estar cortocircuitados.
- Todas las boquillas del transformador deben estar en su lugar.
- Todas las terminales que no se consideran en la prueba, así como la carcasa y el tanque deberán conectarse a tierra mientras se aplique el voltaje de prueba.
- Las pruebas de resistencia de aislamiento deberán realizarse con los circuitos de igual voltaje conectados entre sí y los circuitos de diferente voltaje deberán ser probados por separado, por ejemplo:
 - Media Tensión vs. Baja Tensión (monofásicos y trifásicos)
 - Media Tensión vs. Tierra (trifásicos)
 - Baja Tensión vs. Tierra (monofásicos y trifásicos)
 - Neutro vs. Tierra (En el caso de que el neutro no esté conectado directamente a tierra).

- Práctico:

Procedimiento práctico	
Pasos	Descripción
1	Medir la temperatura ambiente (20°C-36°C) para obtener valores reales
2	Realice la prueba considerando una humedad relativa (<70%)
3	Inspeccionar la ausencia de tensión en los bornes de media tensión y baja tensión
4	Realizar la conexión para transformadores de la siguiente manera: Monofásicos: <ul style="list-style-type: none"> - Desconectar el descargador y el aterrizaje de la tierra. - Realizar la conexión de guarda con cables verdes en el equipo de medida. Baja tensión vs Tierra <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una conexión en cortocircuito: colocar los cables rojos con pinzas de agarre en los bornes de BT según: X1 con X3. - Colocar cable rojo de salida del equipo de medición al bushing BT (X1) del transformador. - Colocar cable negro de salida del equipo de medición al borne de tierra de la cuba del transformador.

	<p>Media tensión vs Baja tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una conexión en cortocircuito: colocar los cables rojos con pinzas de agarre en los bornes de BT según: X1 con X3. - Colocar cable rojo de salida del equipo de medición al bushing MT (H1) del transformador. - Colocar cable negro de salida del equipo de medición al borne (X1) del transformador. <p>Descargador vs Tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una conexión en cortocircuito: colocar los cables rojos con pinzas de agarre en los bornes de BT según: X1 con X3. - Colocar cable rojo de salida del equipo de medición al cable de fase de línea del descargador en el transformador. - Colocar el cable negro de salida del equipo de medición al borne de tierra del descargador. <p>Trifásicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una conexión en cortocircuito: colocar los cables con pinzas de agarre en los bornes de MT según: H1 con H2, H2 con H3. - Realizar la conexión de guarda con cables verdes en el equipo de medida. <p>Media tensión vs Tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hacer una conexión en cortocircuito en BT: colocar los puentes (cables con pinzas negras) entre los bushing X1 a X2 y X2 a X3. - Cable rojo de salida del equipo de medición al bushing MT (H1) del transformador. - Cable negro de salida del equipo de medición al borne de tierra de la cuba del transformador. <p>Baja tensión vs Tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hacer una conexión en cortocircuito en BT: colocar los puentes (cables con pinzas negras) entre los bushing X1 a X2 y X2 a X3. - Cable rojo de salida del equipo de medición al bushing BT (X1) del transformador. - Cable negro de salida del equipo de medición al borne de tierra de la cuba del transformador. <p>Media tensión vs Baja tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hacer una conexión en cortocircuito en BT: colocar los puentes (cables con pinzas negras) entre los bushing X1 a X2 y X2 a X3. - Cable rojo de salida del equipo de medición al bushing MT (H1) del transformador. - Cable negro de salida del equipo de medición al borne (X1) del transformador. <p>Para Transformadores tipo Padmounted:</p> <p>Alta Tensión vs. Baja Tensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coloque un puente entre los bushings H1 y H2 y otro puente entre X1 y X3 - Conecte el cable “S” (Rojo) al puente de H1 y H2. - Conecte el cable de “Return” (Negro) al puente de X1 y X3 - El cable de “Guard” (Azul) no se utiliza para estos tipos de transformadores. <p>Baja Tensión vs. Tierra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coloque un puente entre los bushings X1 y X3 - Conecte el cable “S” (Rojo) al puente de X1 y X3. - Conecte el cable “Return” (Negro) a la tierra del transformador. - El cable de “Guard” (Azul) no se utiliza para estos tipos de transformadores.
5	<p>Encender y configurar el equipo de medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar la escala de inyección de 5kV. - Ajustar el tiempo de de prueba de 2 minutos y sus controles. - Enviar la carga, ir elevando la carga.

	<ul style="list-style-type: none"> - Detener luego de dos minutos, registrar el valor respectivo y seguir con las mediciones de MT vs tierra, y BT vs tierra. - Bajar el voltaje desde el equipo de medición hasta desenergizar el transformador. - Apagar el equipo de medición.
6	Registrar las lecturas que arroja el óhmetro en cada prueba en su panel de visualización en el Anexo J, punto 10.
7	Repetir estas acciones para cada medición: MV-T; BV-T; MV-BV
8	Descargar por un tiempo suficiente los terminales de baja tensión con el sistema de cable de puesta a tierra para liberar cualquier carga que haya quedado atrapada.
9	Quitar los cables de medición y guardarlos.

Criterio de aprobación: basarse en el siguiente criterio:

	Límites	Aceptación	Rechazo	Acción por seguir
Resistencia	$\geq 200 \text{ M}\Omega$	Si	-	Informar al ingeniero supervisor del laboratorio
Resistencia	$\leq 199 \text{ M}\Omega$	-	Si	

Nota: Informar si la lectura obtenida es menor a $200 \text{ M}\Omega$. En transformadores PAD y CSP sólo se procede a realizar la prueba A.T. vs. B.T, B.T. vs. Tierra. La prueba debe ser interrumpida inmediatamente si la lectura de la corriente comienza a incrementarse sin estabilizarse. Podrían presentarse descargas parciales durante las pruebas de resistencia de aislamiento que puedan causar daño al transformador bajo prueba y al operario.

Registro: registre los resultados en el Formato “Registro de pruebas eléctricas de transformadores, Anexo J, en el punto 10.

Gráfico de conexiones:

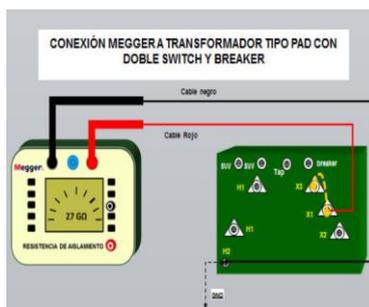


Figura 70. Conexión megger a transformador tipo pad

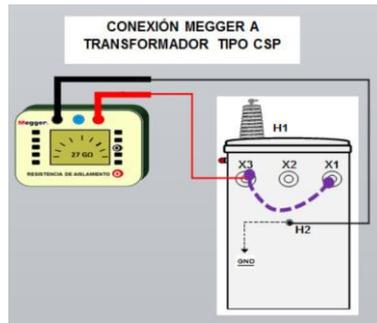


Figura 71. Conexión megger a transformador tipo CSP

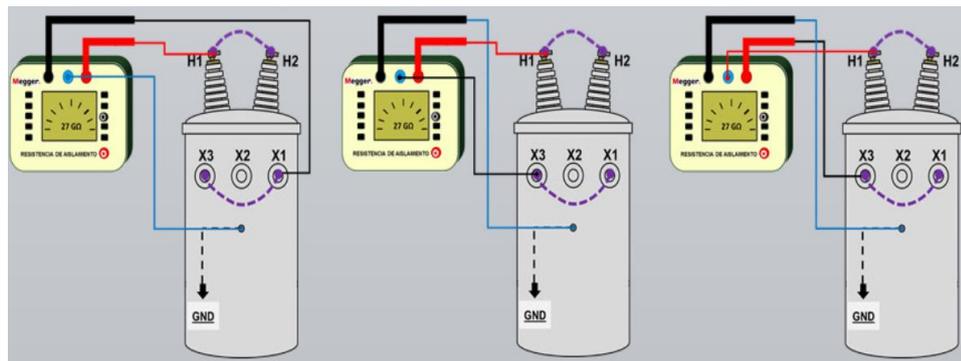


Figura 72. Conexión megger a transformador tipo convencional AT vs BT, AT vs T, BT vs T

6.6 Tablas de valores máximos permisibles para transformadores de distribución

- **Monofásicos:** en la Tabla 45, se indican los valores de pérdidas máxima para transformadores monofásicos de rango (3 - 333 kVA), y de clase medio voltaje de rango (≤ 25 kV f-f) / clase bajo voltaje de rango ($\leq 1,2$ kV f-f), que están referidos a temperatura de 85°C .

Tabla 45. Valores máximos de pérdida de corriente en transformadores monofásicos

[61]

Potencia Nominal kVA	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_c (W)	P_t (W)	U_{zn} (%)
3	2,5	21	70	91	3,0
5	2,5	31	91	122	3,0
10	2,5	52	142	194	3,0
15	2,4	68	192	260	3,0
25	2,0	98	289	387	3,0
37,5	2,0	130	403	533	3,0
50	1,9	160	512	672	3,0
75	1,7	214	713	927	3,0
100	1,6	263	897	1 160	3,0
167*	1,5	379	1 360	1 739	3,0

- ✓ **Trifásicos:** en la Tabla 46, se indican los valores de pérdidas máxima para transformadores trifásicos de rango (15 – 2000 kVA) clase medio voltaje de rango (≤ 25 kV) / clase bajo voltaje de rango ($\leq 1,2$ kV), que están referidos a temperatura de 85°C.

Tabla 46. Valores máximos de pérdida de corriente en transformadores trifásicos [62]

POTENCIA NOMINAL (kVA)	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_e (W)	P_i (W)	U_m (%)
15	4,4	80	313	393	3,0
30	3,6	134	514	648	3,0
45	3,6	182	711	893	3,0
50	3,4	197	776	973	3,0
60	3,2	225	903	1 128	3,5
75	2,6	266	1 094	1 360	3,5
100	2,6	330	1 393	1 723	3,5
112,5	2,6	361	1 539	1 900	3,5
125	2,6	390	1 682	2 072	3,5
150	2,4	447	1 959	2 406	4,0
160	2,5	486	2 211	2 697	4,0
200	2,1	569	2 630	3 199	4,0
225	2,1	618	2 892	3 510	4,0
250	2,1	666	3 153	3 819	4,0
300	2,0	758	3 677	4 435	4,5
350	2,0	846	4 200	5 046	4,5
400	1,9	930	4 730	5 660	4,5
500	1,7	1 090	5 770	6 860	5,0
630	1,6	1 284	7 170	8 454	5,0
750	1,6	1 453	8 386	9 839	5,0
800	1,6	1 521	8 909	10 430	5,0
1 000	1,6	1 782	11 138	12 920	5,0
1 250	1,5	2 088	13 454	15 542	6,0
1 500	1,5	2 395	15 770	18 165	6,0
1 600	1,5	2 518	16 696	19 214	6,0
2 000	1,5	3 009	20 402	23 411	6,0

7. RECURSOS

7.1 Equipos de seguridad: ver los equipos de protección personal que se describen en el Procedimiento para inspección y cuidado del EPP

7.2 Materiales / Herramientas

- Los trabajadores deben emplear herramientas o equipos aislados al realizar tareas dentro de la zona de acceso restringido de las pruebas eléctricas en transformadores, conductores o partes expuestas de circuitos eléctricos con riesgo de contacto involuntario de las herramientas o equipos de manipulación.

Escaleras portátiles

- Cuando las escaleras portátiles se empleen en áreas de aproximación limitada, o en lugares donde existe la posibilidad de que el empleado o la escalera entren

en contacto con conductores o partes expuestas de circuitos eléctricos energizados, es necesario que cuenten con rieles laterales no conductivos.

Señales y etiquetas de seguridad

- En el artículo 130 de la normativa NFPA 70E:2018 se establece la obligación de notificar a los trabajadores cualificados acerca del peligro potencial de sufrir lesiones durante la ejecución de labores en redes eléctricas energizadas. Por tanto, en áreas donde sea esencial alertar a los técnicos operarios, sobre posibles riesgos eléctricos que puedan representar peligros, se deben emplear señales de seguridad, símbolos de seguridad o etiquetas de prevención de accidentes, tales como: conos de señalización, cinta de señalización. Se sugiere utilizar el formato de la señalética de seguridad (Figura 73) como medio de prevención para la identificación de peligros eléctricos en las pruebas eléctricas.

Peligro por choque eléctrico		PPE Requerido	
Distancia de trabajo	_ m	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guantes aislantes, clase 00, 02 2. Guantes de cuero dieléctrico 3. Casco dieléctrico clase E 4. Casco con protección facial 5. Calzado aislante dieléctrico 6. Tapete dieléctrico 7. Protección auditiva tapa oídos 8. Ropa de protección de fibras naturales ignífugo 	
Distancia de aproximación limitada	_ m		
Distancia de aproximación restringida			
Exposición a voltaje de sistema/equipo/línea	_ V CA		
Sistema de puesta a tierra	Aterrizado TT		
Área de actividad	Transformadores y líneas energizadas		

Figura 73. Ejemplo de etiqueta de advertencia de riesgo por choque eléctrico

Barricadas

- Es necesario emplear barricadas junto con señales de seguridad con el fin de evitar o restringir la entrada de personas ajenas a las áreas de trabajo donde hay presencia de tensión en el equipo de transformación debido a la inyección de voltaje, conductores o partes de circuitos energizados.

Elementos de primeros auxilios

- Contar con botiquín de primeros auxilios para emergencias
- Adquirir extintores tipo C para energía eléctrica (motores, tableros eléctricos, transformadores) y de agente extintor de dióxido de carbono.

Instalación de extintores:

- Para posicionar y colocar un extintor portátil de manera efectiva, es necesario ubicarlo en áreas claramente a la vista y debidamente señalizadas en puntos estratégicos del entorno. Esto facilitará un acceso sencillo y garantizará la disponibilidad inmediata en caso de un principio de incendio [63].
- Se debe suministrar la señalización correspondiente en la parte superior del lugar donde se coloque el extintor, lo cual puede realizarse mediante un cartel u otro medio indicativo. La disposición de los extintores a lo largo de los pasillos es fundamental.
- Es preferible evitar que los extintores estén bloqueados u ubicados en áreas oscuras que dificulten su visibilidad.
- Los extintores portátiles deben instalarse en gabinetes o cavidades en la pared, asegurándolos con el soporte mural apropiado proporcionado por el fabricante del extintor, como se indica en la Figura 74.



Figura 74. Altura de la instalación del extintor igual o menor a 18 kg [64]

- Después de haber instalado el dispositivo extintor, es importante que las instrucciones de operación estén colocadas en la parte frontal del mismo,

garantizando una visibilidad clara. En la Figura 75, se especifican las dimensiones aconsejadas para señalar adecuadamente el extintor en el área de trabajo.



Figura 75. Dimensiones recomendables de la señalización para extintores [64]

Mantenimiento de extintores: el usuario debe realizar una verificación trimestral que incluya:

1. Confirmar la accesibilidad del extintor, realizando una inspección visual de los precintos, seguros, inscripciones en la placa y etiqueta de características, así como detectar posibles grietas en las mangueras y desperfectos en el cuerpo del extintor.
2. Evaluar el estado de carga, considerando tanto el peso como la presión del extintor y del botellín de gas impulsor, si está presente.
3. Revisar el estado de las partes mecánicas, como la boquilla, válvulas y mangueras.
4. El personal especializado deberá llevar a cabo una revisión anual que incluya la evaluación del estado de la carga (tanto en peso como en presión), el agente extintor (verificando la presión) y la condición de las mangueras, boquillas, lanzas y válvulas.

Dispositivos aislantes o con aislamiento: estos elementos ofrecen separación respecto a la tierra, entre los cuales se incluyen alfombras aislantes, banquetas aislantes y plataformas de trabajo.

7.2.1 Dotación de herramientas para contacto indirecto y verificación de energía

Es necesario suministrar el equipo adecuado y ofrecer una capacitación previa sobre la correcta utilización de las herramientas para garantizar la duración y proteger la salud e integridad del trabajador. A continuación, se proporciona información técnica, características y normativas en las fichas técnicas de las herramientas.

- Pértiga telescópica de extensión

Las pértigas posibilitan la ejecución de la tarea sin la necesidad de acercarse o entrar en contacto con las partes activas de la instalación, lo que incrementa la resistencia al contacto y ofrece protección contra posibles efectos de un arco eléctrico al mantener una distancia apropiada.

En la Tabla 47, se detalla la ficha técnica de la pértiga telescópica de extensión; a continuación, se presentan los requisitos esenciales para garantizar su durabilidad:

- ✓ **Inspección:** Realizada visualmente para identificar posibles defectos, grietas, desgarros o deformaciones.
- ✓ **Mantenimiento:** Se aconseja limpiar la pértiga con una bayeta siliconada.
- ✓ **Almacenamiento:** Debe guardarse en un rango de temperatura entre -10 °C y 35 °C, protegido de la luz solar.
- ✓ **Renovación:** La necesidad de renovación dependerá del desgaste del aislamiento, con controles periódicos cada 6 meses como mínimo.

Tabla 47. Ficha de características de pértiga telescópica de extensión

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Longitud	12 m extendida con 9 secciones
Tipo	Fabricada en vidrio de alta densidad, aislada – telescópica, pentagonal con sistema de alineación para ensamble rápido
Especificaciones	Gancho de maniobra
Nivel de voltaje	60 kV
Funda para transporte	Si
Peso aproximado	5.5 Kg

Normas	ASTM F711, ASTM F1826, CEI 62193
Fotografía referencial	

- Detector de tensión

Se emplearán en las pruebas antes de la utilización de los dispositivos para verificar la ausencia de tensión, como medida preventiva. En la Tabla 48, se detalla la ficha técnica del detector de voltaje de baja tensión.

Tabla 48. Ficha de características del detector de voltaje

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Detección de voltaje sonoro con 2 tonos diferenciados
	Luz detección de voltaje, color rojo parpadeante que se activa al detectar voltaje
	Útil para bajo voltaje y voltaje estándar
	Rango de detección de voltajes nominales de 90 V a 1000 V en CA.
	Categoría de seguridad 1000V en ca.
	Grado de protección IP 40
Baterías incluidas 2 triple A	
Fotografía referencial	

- Alicata aislado: en la Tabla 49, se detalla la ficha técnica de la herramienta de alicata aislado.

Tabla 49. Ficha de características del alicata aislado

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Resistente y dieléctrico
	El diseño de alto apalancamiento proporciona un 46% más de poder de corte y agarre
	Acero endurecido por inducción
	Dos capas de aislamiento que proporcionan protección contra descarga eléctrica
	Capacidad eléctrica de 1000 V
Normas	IEC 60900; ASTM F1505



- Pinza de pico de loro aislada: en la Tabla 50, se detalla la ficha técnica del detector de voltaje de baja tensión.

Tabla 50. Ficha de características de pinza aislada

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	La capa interna gruesa es resistente y muy alta capacidad dieléctrica
	El diseño proporciona un 46% más de poder de corte y de agarre
	Acero endurecido por inducción
	Proporcionan protección contra descarga eléctrica
	Capacidad eléctrica de 1000 V
Normas	IEC 60900; ASTM F1505
Fotografía referencial	

7.3 Checklist del Equipo para el operario técnico de las pruebas eléctricas

En la Tabla 51, se proporciona una lista de control para verificar la disponibilidad del equipo necesario que los trabajadores deben tener para llevar a cabo sus tareas específicas.

Es importante destacar que estos equipos de protección personal (EPP) y/o herramientas son fundamentales para cualquier actividad que involucre la manipulación de conductores de energía eléctrica en niveles de media y baja tensión.

Mientras que en la Figura 76, se identifica a modo de referencia los principales equipos de protección individual que debe tener el técnico operario.



Figura 76. EPP's para los técnicos del área de pruebas eléctricas [65]

Tabla 51. Checklist del equipo de trabajo del laboratorio de pruebas

Responsable	Ingeniero jefe supervisor del área de pruebas	
Grupo	Grupo de trabajo de pruebas eléctricas de transformadores	
Personal	4 ingenieros técnicos eléctricos, 3 estudiantes de prácticas preprofesionales	
Equipos de protección personal (EPP)		
Nº	Lista de control	✓
1	Terno tipo jean	
2	Zapatos dieléctricos	
3	Casco de seguridad	
4	Guantes dieléctricos Clase 00 – 02	
5	Guantes de cuero	
Herramientas de trabajo		
Nº	Lista de control	✓
6	Pértiga de extensión	
7	Detector de energía	
8	Cinturón de posicionamiento con faja	
9	Alicate aislado	
10	Pico de loro aislada	
11	Llave inglesa	
12	Llave de corona número 14, 19 y 20	
13	Pelacables, destornillador, remache (ASTM F1505)	
14	Multímetro IEC 1010-1	
15	Baterías tipo XX 9V para radio de comunicación	

7.4 Infraestructura

Oficina administrativa del laboratorio de la EEASA, área de instalaciones del laboratorio de pruebas de transformadores.

8. CONTROLES

8.1 Documentos

- Informe de medición y evaluación de riesgo eléctrico.
- Permiso de trabajo eléctrico (Anexo F)
- Registro que documenta la utilización y la condición de los equipos de protección personal (Anexo E)

8.2 Requisitos de norma

Según lo sugerido por la guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico del INSST.

9. CONTROL DE CAMBIOS

Nº Revisión	Páginas revisadas	Descripción del cambio	Fecha de actualización

10. FIRMAS DE REVISIÓN

	Nombre / Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por:	Christian Daniel Shiguango		
Revisado por:	Ing. Jeanette Ureña		
Aprobado por:	Jefe de sección del área de transformadores		

c. Procedimiento de inspección, uso y cuidado del Equipo de protección personal

	EEASA – “LABORATORIO DE TRANSFORMADORES”	
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN	Fecha: 02/01/2024
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN, USO Y CUIDADO DEL EPP	Código: EEASA-ALT-PP-P-003
		Versión: 00
	Página: 1/	

1. OBJETIVO

Definir un protocolo para la utilización y mantenimiento de los equipos de protección personal.

2. ALCANCE

Incluye las acciones necesarias para llevar a cabo una inspección adecuada, mantener, utilizar y realizar cambios en los equipos de protección personal de manera correcta y apropiada.

3. DEFINICIONES

Duración del contacto: en conjunto con la intensidad, este aspecto se posiciona como el factor más determinante que impacta la severidad de las lesiones.

Recorrido de la corriente: la ubicación de entrada y salida de la corriente eléctrica en el cuerpo humano resulta esencial al evaluar la gravedad de las lesiones por contacto eléctrico. La seriedad de las lesiones se incrementa cuando la corriente atraviesa centros nerviosos y órganos vitales, como el corazón o el cerebro.

Efectos fisiológicos inmediatos: estos son los resultados directos del incidente eléctrico, y su gravedad está principalmente determinada por la intensidad de la corriente y la duración del contacto.

Efectos fisiológicos posteriores: estos se refieren a las complicaciones que surgen después del incidente eléctrico, alterando la función del corazón u otros órganos vitales, provocando quemaduras internas y externas, así como otros trastornos (renales, oculares, nerviosos), con el potencial de tener consecuencias fatales.

Efectos colaterales: se originan debido a acciones involuntarias de las personas afectadas por el incidente eléctrico y/o a las condiciones y entorno laborales, tales

como caídas desde alturas, golpes contra objetos, proyección de objetos, incendios y explosiones.

4. RESPONSABILIDADES

4.1 El director del departamento de distribución:

El encargado de la asignación de recursos destinados a la obtención de Equipos de Protección Personal (EPP) y suministros necesarios para el personal es el director del departamento.

Fomentar la identificación de riesgos relacionados con las actividades realizadas en el departamento de transformadores.

Asegurar que el personal reciba la capacitación necesaria para utilizar adecuadamente los Equipos de Protección Personal (EPP).

4.2 El jefe de Seguridad y Salud Ocupacional:

Tiene la responsabilidad de verificar que la entrega de Equipos de Protección Personal (EPP) y dotaciones se realice de manera adecuada y puntual, según los plazos establecidos por la legislación. Además, está encargado de supervisar y controlar el uso apropiado y el mantenimiento adecuado de las dotaciones y los EPP.

Debe desarrollar estrategias para fomentar la utilización de los EPP y coordinar la realización de auditorías destinadas a evaluar la efectividad en el uso de estos equipos. Asimismo, está autorizado para aplicar medidas disciplinarias en caso de incumplimiento de las normas relacionadas con el uso de EPP.

Tiene la tarea de instalar avisos y/o señales en las áreas de trabajo que indiquen la necesidad de utilizar los elementos de protección correspondientes.

4.3 El técnico operario:

Emplear adecuadamente los Equipos de Protección Personal (EPP) proporcionados. Preservar los EPP para garantizar su buen estado.

Requerir la sustitución en caso de que presenten deterioro.

4.4 Los visitantes:

El ingeniero a cargo del área, en calidad de supervisor, asegurará que los visitantes dispongan de los Equipos de Protección Personal (EPP) necesarios para acceder a las zonas industriales del laboratorio de la EEASA.

5. DESARROLLO

5.1 Equipos de protección personal - Uso de los EPP

La correcta utilización de los Equipos de Protección Personal (EPP) inicia con los siguientes pasos:

1. Antes de comenzar las actividades de prueba en el laboratorio, es esencial vestir el traje tipo jean y las botas dieléctricas.
2. Una vez en la zona de trabajo, es necesario emplear el casco y, según el caso, los guantes dieléctricos y/o de cuero.
3. Para realizar labores en alturas, el operario debe utilizar el cinturón de posicionamiento con faja para liniero, asegurando las herramientas necesarias y emplear la línea de vida dieléctrica.
4. La herramienta fundamental para realizar tareas en líneas eléctricas es el detector de voltaje. El técnico operario debe llevarlo consigo para verificar la ausencia de energía.

Las actividades en campo comienzan con el requerimiento de la orden de trabajo, para lo cual:

5. El ingeniero supervisor se desplaza al lugar antes del inicio de la labor para llevar a cabo una inspección. Este paso es necesario para proporcionar a los trabajadores asignados en esta área información detallada sobre el entorno de trabajo, los niveles de voltaje y las herramientas necesarias para realizar las pruebas eléctricas.
6. Se suministran Equipos de Protección Personal (EPP) al equipo encargado de las tareas eléctricas con el objetivo de preservar la salud y la integridad de los trabajadores.

7. Posteriormente, se procede a desconectar el seccionador o fusible y se verifica la ausencia de energía.
8. Utilizando el brazo de la grúa, se transporta el transformador correspondiente hacia la zona destinada a las pruebas eléctricas.
9. Finalmente, mediante el uso de la pértiga, se realiza la conexión del seccionador y/o fusible para restablecer el servicio eléctrico.

5.2 Equipos de protección individual frente al riesgo eléctrico: selección

Considerando los peligros asociados a la energía eléctrica durante la ejecución de maniobras o labores en instalaciones eléctricas o en su cercanía, la elección del tipo, nivel de protección y características apropiadas de los equipos de protección individual puede requerir la consideración de aspectos dieléctricos y disipativos. La evaluación de riesgos correspondiente, basada en el tipo de procedimiento de trabajo, las características y el estado del lugar de trabajo, determinará qué equipos de protección individual son necesarios [60]. En la Tabla 52, se detallan los equipos de protección individual más comunes frente al riesgo eléctrico, junto con sus valores de tensión de referencia.

Tabla 52. Equipos de protección individual frente al choque eléctrico [60]

Equipos de protección frente al choque eléctrico																							
Denominación	Protección dieléctrica																						
Casco aislante de la electricidad	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Clase 0</td> <td>$V_{ca} < 1000 \text{ V}$</td> </tr> <tr> <td>$V_{cc} < 1500 \text{ V}$</td> </tr> </table>		Clase 0	$V_{ca} < 1000 \text{ V}$	$V_{cc} < 1500 \text{ V}$																		
Clase 0	$V_{ca} < 1000 \text{ V}$																						
	$V_{cc} < 1500 \text{ V}$																						
Guantes aislantes para trabajos eléctricos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clase</th> <th>Vca (kV)</th> <th>Vcc (kV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00</td> <td>< 0,5</td> <td>< 0,75</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>< 1</td> <td>< 1,5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>< 7,5</td> <td>< 11,25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>< 17</td> <td>< 25,5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>< 26,5</td> <td>< 39,75</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>< 36</td> <td>< 54</td> </tr> </tbody> </table>		Clase	Vca (kV)	Vcc (kV)	00	< 0,5	< 0,75	0	< 1	< 1,5	1	< 7,5	< 11,25	2	< 17	< 25,5	3	< 26,5	< 39,75	4	< 36	< 54
Clase			Vca (kV)	Vcc (kV)																			
00			< 0,5	< 0,75																			
0			< 1	< 1,5																			
1			< 7,5	< 11,25																			
2			< 17	< 25,5																			
3	< 26,5	< 39,75																					
4	< 36	< 54																					
Mangos aislantes																							
Ropa aislante ante electricidad	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Clase 00</td> <td>$V_{ca} < 500 \text{ V}$</td> </tr> <tr> <td>$V_{cc} < 750 \text{ V}$</td> </tr> </table>		Clase 00	$V_{ca} < 500 \text{ V}$	$V_{cc} < 750 \text{ V}$																		
Clase 00	$V_{ca} < 500 \text{ V}$																						
	$V_{cc} < 750 \text{ V}$																						

Cubrebotas y calzado aislante	Clase	Vca (kV)	Vcc (kV)
	00	≤ 0,5	≤ 0,75
	0	≤ 1	≤ 1,5
	1	≤ 7,5	≤ 11,25
	2	≤ 17	≤ 25,5
	3	≤ 26,5	-
	4	≤ 36	-

5.3 Dotación de Equipos de Protección Personal

Los elementos de protección deben conservarse en condiciones seguras, limpias y confiables, siguiendo las indicaciones del fabricante. Es esencial realizar una inspección visual de los dispositivos de protección antes de cada uso. Además, se debe almacenar estos dispositivos de manera que se evite cualquier daño causado por condiciones perjudiciales como la humedad, el polvo u otros agentes que puedan ocasionar su deterioro.

En las siguientes secciones, se presentan las fichas técnicas detalladas de los equipos, que incluyen información técnica como características y normativas. Para garantizar el rendimiento eficaz de los Equipos de Protección Personal (EPP), es esencial llevar a cabo una inspección, mantenimiento, almacenamiento y dotación adecuados.

En áreas donde pueda haber riesgo de lesiones por choque eléctrico al interactuar con conductores o partes de circuitos eléctricos energizados, los trabajadores deben llevar guantes de hule aislante, junto con protectores de cuero y mangas aislantes de hule en manos y brazos. Bajo cada ficha técnica se proporciona pautas específicas que el operario debe seguir para garantizar el uso correcto de los EPP.

- Guantes dieléctricos - Clase 00

En la Tabla 53. Ficha de características de guantes dieléctricos – clase 00Tabla 53, se encuentra la información detallada sobre los guantes dieléctricos de clase 00. A continuación, se describen los requisitos fundamentales para garantizar la durabilidad de los guantes de protección personal (EPP):

- ✓ Inspección: realizada de manera visual.
- ✓ Mantenimiento: limpieza con agua y jabón, sin exceder los 65 °C.
- ✓ Almacenamiento: entre 10 °C y 21 °C, protegido de la luz solar.

- ✓ Renovación: se recomienda realizarla cada 12 meses como mínimo, con controles periódicos cada 6 meses como mínimo.

Tabla 53. Ficha de características de guantes dieléctricos – clase 00

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	100 % de goma natural, color negro
	Clase 00 para 500V
	Tensión máxima 500V
	Resistente a los aceites, ácido, ozono, bajas temperaturas
	Longitud 410 mm
	Tallas: 8,9,10
Guante de protección externa	Cuero napa espesor entre 0.7 y 1 mm
Puño de baqueta	Flexible de espesor comprendido entre 1 y 1.5 mm
Normas	NFPA 70E:2004 / OSHA 1910.268, Norma ASTM D120
Fotografía referencial	

- Guantes dieléctricos - Clase 2

En la Tabla 54, se encuentra la información detallada sobre los guantes dieléctricos de clase 2.

Tabla 54. Ficha de características de guantes dieléctricos media clase 2

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Riesgos eléctricos y protección de arc flash
	La forma del contorno reduce la fatiga de las manos
	La construcción del caucho natural ofrece las propiedades dieléctricas combinadas con la flexibilidad y durabilidad
	Libre de silicio
	Colores disponibles: naranja, rojo, negro
	Estilo del brazo es cilíndrico
	Tallas: 8.5, 9.5
	Dimensiones: largo (41 cm), ancho de palma (10-12 cm), espesor (2.29 mm)
	Rango de voltaje: corriente alterna (17000 – 20000 V)
Normas	NFPA 70E:2004, ANSI/ASTM D120, ASTM F2675



- Guantes de cuero

En la Tabla 55, se encuentra descrita la información sobre los guantes de cuero. A continuación, se describen los requisitos esenciales para garantizar la vida útil:

- ✓ Inspección: debe realizarse de forma visual para detectar defectos, grietas o desgarros.
- ✓ Mantenimiento: se recomienda lavar los guantes con agua y jabón, sin superar los 40 °C.
- ✓ Almacenamiento: es necesario conservar los guantes en un rango de temperatura entre 5 °C y 30 °C, protegidos de la luz solar, la humedad, y la corrosión.
- ✓ Renovación: la frecuencia de renovación dependerá del desgaste, con controles periódicos cada 6 meses como mínimo.

Tabla 55. Ficha de características de guantes de cuero dieléctrico

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Cuero ruso – napa
	Hilo – piola de nylon número 3
	Grasas de alta flexibilidad y resistencia
	Calibre de 1.2 a 1.4 mm
	Materiales y acabados con buena calidad. No presenta filos cortantes que puedan dañar el aislamiento del guante dieléctrico
Guante de protección externa	Cuero napa
Normas	NTE INEN 876, ASTM F696
Fotografía referencial	

- Línea de vida dieléctrica - Tipo Y

En la Tabla 56, se detalla la ficha técnica de la línea de vida dieléctrica de tipo Y. A continuación, se describen los requisitos esenciales para garantizar la durabilidad de este equipo de protección:

- ✓ **Inspección:** Realizada de manera visual para identificar posibles defectos o desgarros.
- ✓ **Mantenimiento:** Se recomienda lavar la línea de vida con agua y jabón neutro.
- ✓ **Almacenamiento:** Debe mantenerse en un lugar limpio y seco.
- ✓ **Renovación:** La frecuencia de renovación dependerá del desgaste, con controles periódicos cada 6 meses como mínimo.

Tabla 56. Ficha de características de línea de vida dieléctrica Tipo Y

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Línea de vida de detención de 25 mm
	Ganchos doble seguro recubiertos en nylon
	1 gancho de ¾ pulgada (21 mm de apertura)
	2 ganchos doble seguro (65 mm de apertura)
	Se recomienda para alturas superiores a 6m
	Resistencia dieléctrica 9 kV
	Resistencia a la tracción 22.2 kN
Ganchos de conexión	100% dieléctricos
	Núcleo de acero testeado a 16 kN recubierto con Nylon
Normas	ANSI 557, ANSI S3.19
Fotografía referencial	

- Casco de seguridad

En la Tabla 57, se proporciona información detallada sobre el casco de seguridad. A continuación, se detallan los requisitos fundamentales para asegurar la durabilidad de este equipo de protección:

- ✓ **Inspección:** Se lleva a cabo visualmente para detectar posibles defectos o grietas, realizándose cada 6 meses.
- ✓ **Mantenimiento:** Se aconseja limpiar el casco con agua tibia y un paño suave.

- ✓ **Almacenamiento:** Se debe guardar en un rango de temperatura entre 0 °C y 30 °C, protegido de la luz solar.
- ✓ **Renovación:** La frecuencia para renovar el casco dependerá del desgaste, siendo recomendable realizar controles periódicos cada 6 meses como mínimo.

Tabla 57. Ficha de características de casco de seguridad clase E

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Casco de polietileno liviano de alta densidad y diseño
	Capacidad dieléctrica de 20 000 V
	Presente un canal en la borde para la derivación de lluvia y salpicaduras
	Tienen un sistema de ajuste por perilla para adaptarse a cualquier diámetro de la cabeza
Normas	ANSI Z89.1 – 2003, OSHA, NTE INEN 146
Fotografía referencial	

- Casco con protección facial

En la Tabla 58, se proporciona información detallada sobre el casco de seguridad con protección facial.

Tabla 58. Ficha de características de casco con protección facial

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Protector facial 14 cal/cm ² con casco y protector de barbilla
	Protector facial contra destellos de arco eléctrico
	Ventana clara para mejorar la visibilidad
	Pantalla diseñada para ser reemplazada con herramientas
	Incluye rejillas de ventilación para permitir el flujo de aire a través de la parte superior
	Protección de la barbilla transparente para mejorar la vista periférica del usuario
Barbiquejo de 3 o 4 puntos	Tinte claro, absorbe 99,9% de la radiación UV
Normas	ANSI Z87.1/ASTM F2178

Fotografía referencial	
------------------------	--

▪ Cinturón de posicionamiento con faja para liniero

En la Tabla 59, se detalla la información técnica del cinturón de posicionamiento con faja para liniero. A continuación, se presentan los requisitos fundamentales para garantizar la durabilidad de este Equipo de Protección Personal (EPP):

- ✓ **Inspección:** Se lleva a cabo visualmente para detectar posibles defectos, grietas o desgarros.
- ✓ **Mantenimiento:** Debe realizarse según las indicaciones del fabricante, incluyendo el engrasado con aceite vegetal o animal en la parte exterior.
- ✓ **Almacenamiento:** Se recomienda conservar el cinturón en un rango de temperatura entre +5 °C y +30 °C, protegido de la luz solar.
- ✓ **Renovación:** Es aconsejable realizar controles periódicos cada 6 meses como mínimo para evaluar su estado y determinar la necesidad de renovación.

Tabla 59. Ficha de características de cinturón de posicionamiento con faja para liniero

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Cinturón en cuero natural
	Tipo flotante de alta resistencia, con anillos de acero forjado resistente a la corrosión
	Faja de nylon en el interior del cinturón
	Peso de 1.30 Kg
Cuerpo	Cuero y nylon de alta durabilidad y resistente a la abrasión, dieléctrico
Hebillas	Acero forjado y resistente
Aros	Son niquelados
Faja	Ancho de correa de 44mm, largo 1.2 – 1.8m. Cuero y nylon de alta resistencia
Mosquetones	Con bloqueo de seguridad de doble tipo
Normas	OSHA 1910, OSHA 1926, ASTM F887, RTE INEN 217
Fotografía referencial	

- Calzado dieléctrico

En la Tabla 60, se detalla la ficha técnica del Calzado de Seguridad Dieléctrico. A continuación, se describen los requisitos fundamentales para asegurar la durabilidad de este Equipo de Protección Personal (EPP):

- ✓ Inspección: Realizada visualmente para identificar defectos, grietas, desgarros y verificar la impermeabilidad.
- ✓ Mantenimiento: Se recomienda limpiar con un trapo de algodón seco; en ciertos casos, se puede utilizar un cepillo o una crema especial elaborada con grasa y un cepillo de fibra dura para la suela.
- ✓ Almacenamiento: Es aconsejable guardar el calzado en un rango de temperatura entre 5 °C y 30 °C, protegido de la luz solar.
- ✓ Renovación: La necesidad de renovación dependerá del desgaste del calzado.

Tabla 60. Ficha de características de calzado de seguridad dieléctrico

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Tensión aplicada de 20 kV, con corriente de fuga de 0,11 mA
	En material de poliuretano de alta densidad, liviano y antideslizante
	Presenta recubrimiento dieléctrico y resistencia al impacto de 200 Joules
	Guarnición en hilo nylon/algodón de alta resistencia
	Tallas 38, 39, 40, 41 y 42
Cordones	En nylon/algodón, redondo de 90cm de largo con una terminación plástica.
Plantilla	De material poliuretano para mayor confort y absorción contra el impacto.
Normas	NTE INEN ISO 20344, ASTM F1117, ASTM F2413-11, UNE EN ISO 20344:2011
Fotografía referencial	

- Overol tipo jean

En la Tabla 61, se detalla la información técnica de los ternos tipo jean. A continuación, se presentan los requisitos esenciales para garantizar la durabilidad de este EPP:

- ✓ **Inspección:** llevada a cabo de manera visual para identificar posibles defectos, grietas o desgarros.
- ✓ **Mantenimiento:** se aconseja lavar el terno con agua y jabón, asegurándose de que la temperatura no exceda los 45 °C.
- ✓ **Almacenamiento:** Debe guardarse a una temperatura no superior a 40 °C, protegido de la luz solar y la humedad.
- ✓ **Renovación:** Se recomienda realizar revisiones periódicas cada 6 meses como mínimo para evaluar su estado y determinar la necesidad de renovación.

Tabla 61. Ficha de características de terno de seguridad tipo jean

Parámetro	Especificaciones Técnicas
Características	Composición de la tela: 100% algodón ignífugo, hombre 98% algodón, 2% elastano
	Corte recto
	Presenta 2 bolsillos delanteros con forro de tela de algodón o lienzo
	Bolsillos laterales con tapa
	Cinta reflectiva industrial que cumple la normativa ANSI 107-2010
	Tallas: 34, 36 hasta 44
Cierre	Cierre y botón de plástico delantero de diente grueso
Normas	ASTM F1506, ASTM F1891
Fotografía referencial	

Tabla 62. Vestuario de protección

Equipo	Normativa aplicable	Características
Indumentaria de seguridad para proteger contra los	EN ISO 11612:2015 IEC 61482-2:2009	Ofrece seguridad frente a la conducción de corriente eléctrica. Las prendas para la parte superior del cuerpo tienen mangas largas.

efectos térmicos del arco eléctrico.		
Ropa aislante de corriente eléctrica	EN 50286	Se refiere a vestimenta diseñada para prevenir la conducción de corriente a través del cuerpo en situaciones de posible contacto no deseado con componentes bajo tensión.
Overol de protección antiestática	EN 1149-5:2008	Indumentaria diseñada para prevenir la acumulación de cargas electrostáticas, las cuales podrían generar una chispa capaz de desencadenar la detonación de una atmósfera.

5.4 Mantenimiento para los EPP's

En la Tabla 63, se detallan las principales pautas de mantenimiento para garantizar el adecuado estado de los Equipos de Protección Personal (EPP) asignados al personal del laboratorio.

Tabla 63. Recomendaciones para el uso del EPP

Protección para	Recomendaciones de utilización
Cabeza	Realizar la limpieza diaria del dispositivo de protección utilizando una solución jabonosa. Antes de cada utilización, asegurarse de que la suspensión interior y el barboquejo no muestren signos de deterioro. Cuando utilice el casco, evite colocar otros objetos debajo de este, como gorras, hebillas o reproductores de música.
Los ojos y la cara	Evite limpiar las gafas de seguridad y las caretas faciales completas con telas que puedan causar abrasiones y rayones. En su lugar, sumérgalas en una solución jabonosa, después enjuáguelas con agua y permita que se sequen al aire. Al no estar en uso, guarde y transporte las gafas en estuches. Ajuste y gradúe las gafas de manera regular para evitar que partículas ingresen a los ojos.
Oídos	Realice una revisión diaria para asegurarse de que el equipo no tenga fisuras, piezas rotas o esté sucio. Limpie diariamente los tapones para los oídos de inserción con una solución jabonosa. Siempre confirme que los protectores auditivos de tipo copa contengan la espuma interior. Guarde los tapones para los oídos de inserción en estuches durante su transporte. El protector auditivo debe ser almacenado y lavado minuciosamente después de cada uso diario y debe ser reemplazado en caso de presentar defectos.
Manos	Asegurarse de que el guante sea apropiado para el tamaño de su mano. Examinar todos los guantes para detectar posibles fisuras, grietas o desgaste excesivo. Seleccionar el guante asignado de acuerdo con el riesgo al que se enfrenta. En caso de que el guante presente deterioro, solicitar la reposición de este Equipo de Protección Personal (EPP).
Pies	Asegurarse de que el tamaño del artículo sea el adecuado para el tamaño de su pie. Examinar el artículo para confirmar que no tenga signos de deterioro. Realizar la limpieza diaria del elemento de protección y mantenerlo protegido. Secar el calzado en caso de encontrarse húmedo.
Cuerpo	Lavar la vestimenta aislante de electricidad con una solución jabonosa y un cepillo suave, después sumérgirla en agua y permitir que se seque; en lo que respecta a las partes metálicas, efectuar la limpieza con grafito, siguiendo las indicaciones del fabricante. Las cubiertas para las piernas deben encontrarse sin roturas ni rastros de grasa; en caso de que se observen estas condiciones, solicitar la reposición del EPP.

6. RECURSOS

6.1 Equipos de protección personal

Casco aislante eléctrico, visor facial para protección contra arco eléctrico, indumentaria aislante eléctrica, botas con propiedades antiestáticas y guantes de protección para tensiones medias o bajas.

6.2 Infraestructura

Oficina administrativa del laboratorio de la EEASA, área de instalaciones del laboratorio de pruebas de transformadores.

7. CONTROLES

7.1 Documentos

- Informe de medición y evaluación de riesgo eléctrico.
- Registro que documenta la utilización y la condición de los equipos de protección personal (Anexo E)

7.2 Requisitos de norma

Según lo sugerido por la guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico del INSST.

8. CONTROL DE CAMBIOS

Nº Revisión	Páginas revisadas	Descripción del cambio	Fecha de actualización

9. FIRMAS DE REVISIÓN

	Nombre / Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por:	Christian Daniel Shiguango		
Revisado por:	Ing. Jeanette Ureña		
Aprobado por:	Jefe de sección del área de transformadores		

d. Procedimiento de actuación en caso de emergencias por accidente eléctrico

	EEASA – “LABORATORIO DE TRANSFORMADORES”	
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN	Fecha: 02/01/2024
	PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN ANTE EMERGENCIAS POR ACCIDENTE ELÉCTRICO	Código: EEASA-ALT-PP-P-004
		Versión: 00
Página: 1/		

1. OBJETIVOS

- ✓ Preservar la vida de las personas afectadas. Iniciar el sistema de respuesta de emergencia.
- ✓ Administrar cuidados primarios a las víctimas para prevenir el empeoramiento de las lesiones.
- ✓ Prevenir que la situación del accidente se agrave aún más.

2. ALCANCE

Este proceso se aplica a las tareas vinculadas con la operación de actividades rutinarias, abarcando tanto al personal temporal como permanente, así como a contratistas y pasantes.

3. RESPONSABLES

- Técnico de seguridad
- Ingeniero Supervisor
- Director del área de transformadores y líneas energizadas
- Trabajadores técnicos operarios

4. REGLAMENTOS

Los artículos 46, 47 y 48 del Decreto Ejecutivo 2393, que establece las normativas sobre seguridad y salud de los trabajadores y la mejora del entorno ambiental.

Asimismo, se hace referencia al Acuerdo 174, que regula las disposiciones de seguridad y salud aplicables a la construcción y obras públicas.

5. PROCEDIMIENTO

En caso de cualquier accidente, es necesario poner en marcha el sistema de emergencia. Para lograrlo, es necesario recordar las tres acciones iniciales: Proteger, Avisar y Socorrer (P.A.S.) [66].

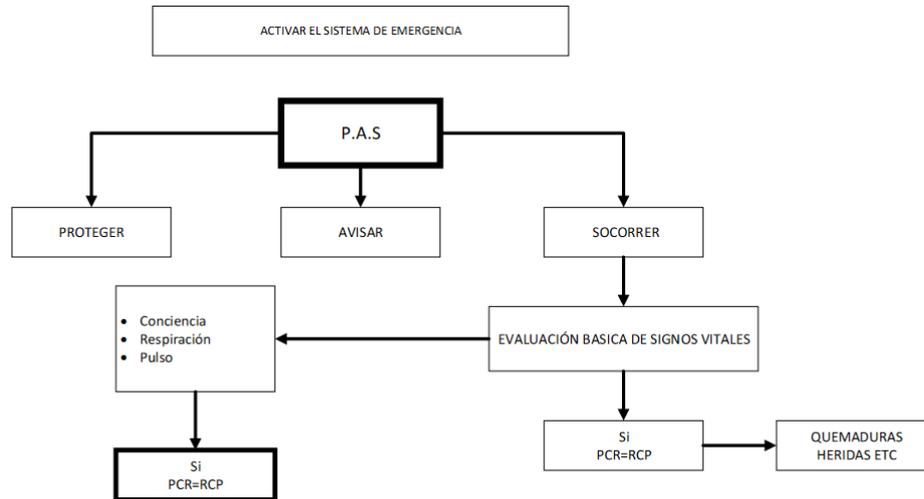


Figura 77. Actuación en caso de accidentes [66]

- Proteger implica asegurar tanto al accidentado como a la persona que brindará ayuda.
- Avisar consiste en informar a los servicios de emergencia, como hospitales, bomberos, policía y protección civil, a través del teléfono de emergencia 911.
- Socorrer se lleva a cabo una vez que se ha protegido y avisado, y se procede a brindar los primeros auxilios al accidentado.
- ***Rescate de una persona involucrada en un accidente eléctrico***

En la Figura 78, se visualiza el proceso empleado para liberar a una persona que ha quedado atrapada en un circuito eléctrico.

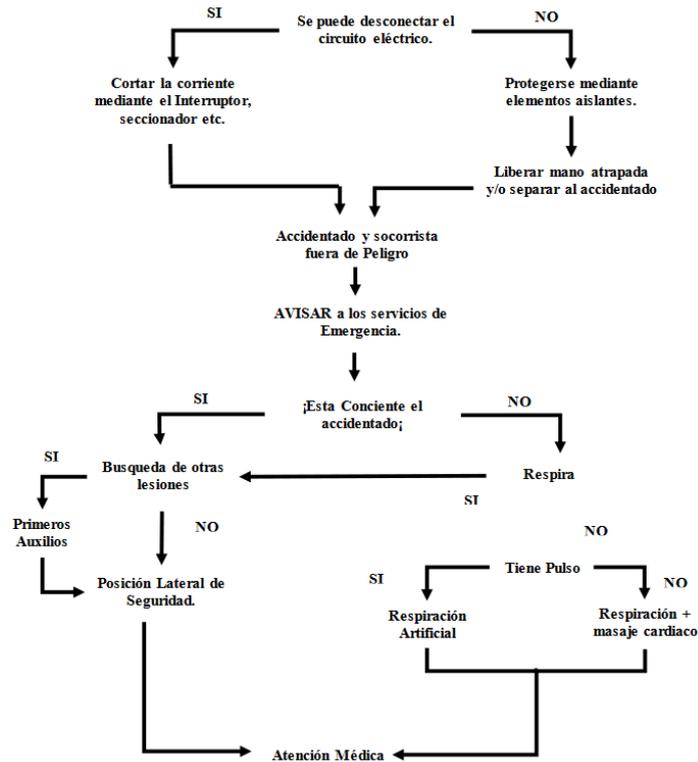


Figura 78. Procedimiento de liberación de una persona atrapada por corriente [66]

- Antes de brindar asistencia al afectado, es necesario interrumpir el suministro eléctrico.
- Cuando no sea factible desconectar la corriente para separar a la persona afectada, el socorrista debe protegerse utilizando materiales aislantes como madera o goma.
- Es esencial considerar la posibilidad de caídas o desprendimientos al cortar la corriente, por lo que se deben colocar mantas, abrigos o almohadas para reducir el impacto traumático.
- En caso de que la persona accidentada esté en contacto directo con el conductor, proceder a cortar este último utilizando una herramienta con mango aislante.
- Separar a la víctima con la ayuda de una pértiga aislante, utilizando guantes y calzado aislante, y actuando sobre una plataforma aislante.
- En caso de que la ropa del afectado esté en llamas, se debe apagar mediante sofocación, como arrojar mantas o prendas de lana sobre él, evitando el uso de materiales acrílicos. Se puede hacer rodar a la persona por la superficie en la que se encuentra.

- Nunca se debe utilizar agua.
- Una vez liberada la víctima, se debe intentar su reanimación de inmediato, aplicando respiración artificial y masaje cardíaco [31].
- ***Rescate del operario atrapado debido a la corriente eléctrica***

Cuando una persona queda atrapada en un circuito eléctrico, es común que otras personas intenten liberarla de inmediato. Sin embargo, esta acción puede resultar en que el socorrista también quede atrapado y sufra una descarga eléctrica.

Acciones correctas:

- Tratar de sacar directamente a la persona afectada de la fuente del accidente.
- En caso de que esto no sea posible, intentar liberarla utilizando equipo de protección personal (EPP) como guantes aislantes.
- En ausencia de EPP, se puede recurrir a periódicos, una bata, madera u otro material no conductor para protegerse de la manera adecuada.
- Al intentar liberar a la persona, es preferible agarrarla por la ropa y evitar tocar directamente la piel expuesta para reducir el riesgo.

Acciones erróneas:

- Evitar intentar liberarlo sin tomar medidas de protección adecuadas.
- No agarrar a la persona afectada por las axilas, ya que esto representa un riesgo elevado de choque eléctrico debido a la humedad común en esa área.
- ***Evaluación primaria y secundaria del accidentado***

Evaluación primaria:

Después de activar el sistema de emergencia (P.A.S.) y durante las labores de socorro, es crucial implementar un enfoque estandarizado para identificar situaciones vitales o emergencias médicas. Esta evaluación se realiza siguiendo un orden específico: conciencia, respiración y pulso.

Método de respiración artificial:

El procedimiento de boca a boca es la técnica más directa de resucitación que cualquier persona puede realizar con un entrenamiento básico, sin necesidad de requisitos adicionales.

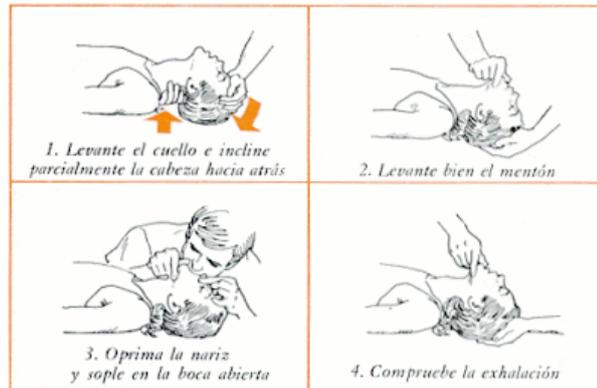


Figura 79. Método de respiración artificial [67]

¿Cómo intervenir?

Debemos proporcionar aliento de nuestra propia respiración a los pulmones del accidentado que se encuentre en paro respiratorio. Para hacerlo se debe:

- Asegurar que las vías respiratorias del accidentado estén despejadas para permitir que el aire llegue a los pulmones. Verificar que no haya cuerpos extraños en la boca del accidentado y, en caso contrario, extraerlos o limpiar la boca con el dedo, un trapo o pañuelo.
- Colocar al accidentado boca arriba y llevar la cabeza hacia atrás, inclinando la parte inferior de la mandíbula hacia adelante.
- Tapar la nariz del accidentado y, a través de la boca, administrar con fuerza el aire de nuestra propia respiración.
- Repetir esta operación a un ritmo de 12 veces por minuto.

Masaje cardíaco externo

Después de realizar la respiración boca a boca, es necesario garantizar que el oxígeno insuflado se transporte a todos los tejidos del cuerpo. Este transporte es llevado a cabo por la sangre arterial, impulsada por el corazón. En casos de fibrilación cardíaca debido a una descarga eléctrica, se produce un fallo cardíaco que impide el bombeo adecuado, lo que significa que el oxígeno de la respiración no puede llegar a los tejidos.

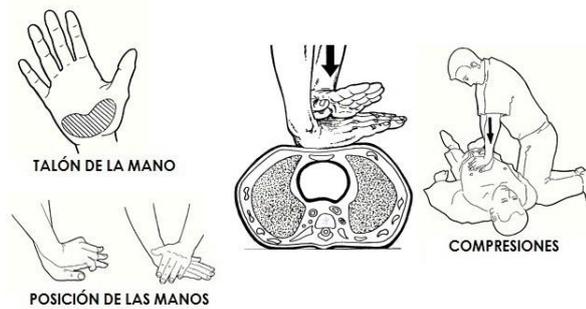


Figura 80. Método de masaje cardíaco externo [68]

En estas situaciones, la aplicación del masaje cardíaco externo asegura que una cantidad mínima de oxígeno llegue a los diversos tejidos para mantener sus funciones vitales. Para realizar el masaje cardíaco externo, se sigue estos pasos:

1. Colocar al accidentado boca arriba sobre una superficie rígida.
2. Arrodillarse a su lado.
3. Colocar la parte posterior de su mano en la parte inferior del esternón y coloque la otra mano sobre esta.
4. En esta posición, presionar firmemente el esternón, hundiéndolo aproximadamente tres o cuatro centímetros.
5. Luego, liberar la presión para permitir que el esternón se recupere.
6. Repetir estas compresiones a un ritmo de aproximadamente sesenta o setenta veces por minuto.

Evaluación secundaria

Después de realizar el control de los signos vitales, se lleva a cabo la evaluación secundaria, que implica examinar las heridas, quemaduras, fracturas y hemorragias con el objetivo de no empeorarlas y mantenerlas en las mejores condiciones posibles hasta que llegue el equipo profesional correspondiente. En caso de un accidente, la actuación dependerá del tipo de emergencia y se activará el protocolo preestablecido por la empresa según sea necesario.

6. CONTROL DE CAMBIOS

Nº Revisión	Páginas revisadas	Descripción del cambio	Fecha de actualización

7. FIRMAS DE REVISIÓN

	Nombre / Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por:	Christian Daniel Shiguango		
Revisado por:	Ing. Jeanette Ureña		
Aprobado por:	Jefe de sección del área de transformadores		

e. Procedimiento de bloqueo y etiquetado

	EEASA – “LABORATORIO DE TRANSFORMADORES”	
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN	Fecha: 02/01/2024
	PROCEDIMIENTO DE BLOQUEO Y ETIQUETADO	Código: EEASA-ALT-PP-P-005
		Versión: 00
	Página: 1/	

1. OBJETIVO

Definir los criterios generales que deben seguirse al llevar a cabo un proceso de bloqueo y etiquetado de seguridad durante las operaciones de conexión, desconexión, arranque o mantenimiento, con el objetivo de reducir y gestionar los riesgos inherentes a dichas tareas laborales.

2. ALCANCE

Comunicar a los empleados acerca de los peligros asociados con tensiones eléctricas elevadas y moderadas, así como las condiciones de seguridad que deben mantenerse durante las labores en el área de trabajo o en actividades específicas. La reglamentación de Bloqueo/Etiquetado se implementará en intervenciones de mantenimiento relacionadas con operaciones no rutinarias, especialmente aquellas llevadas a cabo en los paneles de distribución de energía eléctrica del Laboratorio de transformadores de la EEASA.

3. OBJETIVO

Garantizar que los trabajadores del laboratorio de transformadores de la empresa eléctrica, así como los ingenieros supervisores y los directores del departamento, tengan pleno conocimiento de los requisitos mínimos establecidos para llevar a cabo el bloqueo o etiquetado de equipos durante intervenciones en actividades como conexión, desconexión, puesta en marcha o mantenimiento. Esto es crucial debido a que los paneles y equipos podrían encontrarse energizados, lo que podría resultar en el arranque o liberación de cualquier forma de energía almacenada, representando un riesgo de lesiones para el personal técnico.

4. RESPONSABLES

Jefe del departamento: Se le encomienda la tarea de asignar los recursos esenciales (ya sean financieros, técnicos o humanos) para llevar a cabo el desarrollo del procedimiento.

Coordinador de seguridad del área: Su responsabilidad consiste en supervisar de manera efectiva la correcta implementación de los procedimientos de bloqueo y etiquetado durante las actividades realizadas en la empresa.

Ingeniero supervisor:

- Encargado de implementar el plan de mantenimiento bajo su dirección; este individuo proporcionará orientación, garantizará la integridad del sistema y supervisará los diversos procesos involucrados en la actividad.
- Mantiene y actualiza un conocimiento exhaustivo de todos los elementos del procedimiento de Bloqueo/Etiquetado.
- Comunica a los equipos de trabajo toda la información esencial sobre seguridad en Bloqueo/Etiquetado y presenta el programa de capacitación y registro de actividades.
- Identifica y establece qué empleados/puestos se consideran autorizados y afectados por el procedimiento.
- Determina y señala las máquinas y equipos que deben someterse a bloqueo y etiquetado.

- Evalúa la necesidad de candados, etiquetas u otro equipo necesario.
- Realiza inspecciones de los procesos de control de energía al menos una vez al año.
- Registra todas las inspecciones requeridas del procedimiento.

Equipo de Emergencias: Tiene la responsabilidad de llevar a cabo y supervisar el mantenimiento de los equipos de emergencia.

Personal de la Institución: Es deber de todo el personal informar sobre los riesgos identificados que puedan afectar la integridad, así como cuidar y preservar las instalaciones, equipos y vehículos de la institución.

Personal de Mantenimiento Autorizado: Este grupo examinará el procedimiento y se adherirá a los criterios establecidos en el mismo. Después de su utilización, devolverá inmediatamente todos los dispositivos de control de energía. Además, deben informar cualquier problema potencial o hacer sugerencias relacionadas con el procedimiento de seguridad de bloqueo/etiquetado.

5. REGLAMENTOS

Regulación OSHA 1910.147 en los Estados Unidos, referente al Bloqueo/Identificación de Energías Peligrosas.

Decreto Ejecutivo 2393: Normativa sobre la seguridad y salud de los trabajadores y el mejoramiento del medio ambiente.

6. DEFINICIONES

Aseguramiento del Equipo o Cierre: Generalmente se hace referencia a "cierres eléctricos" porque es en los interruptores eléctricos donde se utiliza con mayor frecuencia el procedimiento de candados y tarjetas.

Bloqueo/Tarjeteo: Procedimiento destinado a regular la liberación de energía peligrosa y un sistema diseñado para prevenir el funcionamiento accidental del equipo durante tareas de mantenimiento.

Candado: Componente que forma parte del sistema de seguridad de candados y tarjetas, utilizado para evitar que un equipo se ponga en marcha o que un trabajador lo active cuando el personal de mantenimiento u otros operarios se encuentran cerca de áreas peligrosas.

Cierre Múltiple: Implica que cada persona debe colocar su propio candado en el cierre. Todas las personas que realizan actividades de mantenimiento deben completar sus respectivas tareas antes de retirar el candado y volver a activar el sistema.

Dispositivo para Aislar Energía: Es un mecanismo que físicamente impide la transferencia y/o paso de energía.

7. PROCEDIMIENTO

- Es esencial que el personal debidamente entrenado lleve a cabo los bloqueos, contando con la debida autorización y un sistema de comunicación. Este personal debe recibir capacitación trimestral detallada sobre los procedimientos de bloqueo.
- Se debe notificar a los supervisores y responsables del sistema a manipular sobre la ejecución del bloqueo en las fuentes o máquinas afectadas, indicando la razón detrás de esta acción.
- Es necesario identificar los dispositivos, como interruptores, que deben ser bloqueados, es decir, aislados de la maquinaria. Apague las fuentes de energía (eléctricas, mecánicas) que alimentan el equipo afectado y desconéctelo de ellas.
- Asegúrese de liberar toda la energía eléctrica almacenada en las baterías de los condensadores.
- Coloque dispositivos de bloqueo (candados, cadenas, etc.) y etiquetas individuales en cada elemento que controle la fuente de energía. Cada candado y etiqueta debe llevar la identificación de las personas autorizadas para llevar a cabo estos procedimientos.



- Al decidir qué bloqueos aplicar, es esencial considerar los distintos tipos disponibles y ajustarse a la información proporcionada durante las sesiones de capacitación:
 - a) Bloqueo mecánico: este procedimiento implica la inmovilización de un control de los dispositivos mediante el uso de candados o cerraduras.
 - b) Bloqueo físico: en este enfoque, se busca evitar el funcionamiento del dispositivo de corte al colocar un elemento de bloqueo, de manera que se impida la conexión de sus contactos.
 - c) Bloqueo eléctrico: este método implica impedir la operación del dispositivo de corte al abrir su circuito de activación.
 - d) Asegurarse de que la energía eléctrica esté desconectada al intentar encender el equipo utilizando los comandos de operación habituales.
 - e) Lleve a cabo el mantenimiento o instalación necesario.



- f) Restablezca el funcionamiento solo después de haber informado a los superiores y a los demás colegas sobre la finalización de las tareas asignadas. Posteriormente, retire los bloqueos y realice pruebas en los equipos.



8. DISPOSITIVOS DE BLOQUEO

En cada tablero de distribución, es necesario contar con un panel de bloqueo que incluya los siguientes elementos: panel de bloqueo, candado de color amarillo, tarjetas de bloqueo y dispositivo circular.

- **Bloqueo de circuitos**

En todos los tableros de distribución, se requiere la presencia de dos candados de seguridad de color rojo.

Estos deben estar instalados de manera permanente para mantener bloqueados los seccionadores asociados a los circuitos en los que se realice la maniobra, los cuales deben encontrarse normalmente en posición abierta para prevenir riesgos de choque eléctrico.



Figura 81. Equipos y seccionadores bloqueados

- **Bloqueo de transferencias automáticas**

Es necesario colocar de forma permanente una etiqueta de bloqueo junto con un candado de seguridad de color morado.

Esto se realiza con el objetivo de asegurar que las transferencias no se activen de manera inadvertida durante su funcionamiento normal.



Figura 82. Etiqueta de bloqueo instalada

- **Bloqueo de seccionadores generales en procesos de maniobra**

Se deben bloquear todos los seccionadores diferenciales relacionados con las transferencias automáticas, así como dos seccionadores permanentemente abiertos que necesitan bloqueo temporal durante su funcionamiento normal.

Esto se logra utilizando candados de seguridad de color amarillo y una barra de bloqueo de color rojo.



Figura 83. Seccionadores bloqueados en maniobras temporales

- **Tarjeta de Procedimiento**

En todos los tableros de distribución, es esencial contar de manera constante con la tarjeta para bloqueo y etiquetado.

Esto se realiza con el propósito de reducir errores y mejorar la eficiencia del tiempo durante el proceso.



Figura 84. Tarjeta de bloqueo y etiquetado

9. CONTROL DE CAMBIOS

Nº Revisión	Páginas revisadas	Descripción del cambio	Fecha de actualización

10. FIRMAS DE REVISIÓN

	Nombre / Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por:	Christian Daniel Shiguango		
Revisado por:	Ing. Jeanette Ureña		
Aprobado por:	Jefe de sección del área de transformadores		

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se identificaron las actividades de los técnicos operarios en el laboratorio de pruebas de transformadores de la empresa eléctrica mediante visitas de campo y fotografías. La actividad principal que se realiza corresponde a las pruebas eléctricas de rutina para garantizar que los transformadores cumplan con las especificaciones de diseño. Durante la observación, se evidenciaron deficiencias en la gestión de la prevención de riesgos, como la falta de un procedimiento de trabajo seguro, la ausencia de señalización de peligros eléctricos con valores específicos, y la falta de delimitación de distancias de seguridad para los técnicos y personas externas.
- Se realizó una evaluación del entorno en las instalaciones del laboratorio de pruebas mediante cuestionarios de verificación para identificar posibles factores de riesgo y condiciones de seguridad laboral. Los resultados indicaron que el incumplimiento de ciertos aspectos relevantes, representando un 24%, podría causar accidentes laborales o interferir con las actividades normales. Se identificó que la empresa eléctrica aún no ha implementado un sistema de puerta de emergencia con apertura fácil y que el sistema de extintores no está instalado adecuadamente en esta área de pruebas.
- Respecto de las condiciones de seguridad en la instalación eléctrica, se identificó un incumplimiento de aspectos relevantes con un 23%, que pueden desencadenar importantes accidentes en el ámbito laboral. Tomando en cuenta que en los criterios de extensiones eléctricas y herramientas-equipos, es en donde se aprecia un gran número de incumplimientos en cuanto a condiciones de seguridad. Estos últimos aspectos pueden repercutir de manera negativa para la seguridad del personal del laboratorio y su desempeño rutinario.

- Durante la aplicación de entrevistas y encuestas, el principal directivo del departamento de distribución de la EEASA mostró interés en el tema de investigación y señaló una falta de concienciación entre los trabajadores respecto al cumplimiento de las normas de seguridad. Esto indica que el personal del laboratorio de transformadores no está tomando las precauciones necesarias para proteger sus vidas. Además, todo el personal encuestado coincidió en la necesidad de que la empresa participe en la creación de manuales de procedimientos de trabajo seguro tanto para el área en estudio, dada la categorización de la empresa como de alto riesgo.
- Durante la investigación, se aplicó el procedimiento establecido por la normativa ISO 31000, siguiendo el proceso de evaluación de riesgos, y en el estudio investigativo se centró en el enfoque particular para la valoración del riesgo relacionado con la electricidad. Se utilizó el método IPERC como la metodología principal para llevar a cabo dicha evaluación. En el laboratorio de pruebas, se empleó la metodología "What If?" para identificar peligros, seguida de la elaboración de fichas que detallaron la fuente de peligro y su correspondiente factor de riesgo asociado.
- En las pruebas eléctricas, el personal se expone a diferentes rangos de voltajes que originan la posibilidad de presentarse efectos fisiológicos dañinos para el cuerpo humano que incluyen desde descargas dolorosas y quemaduras hasta accidentes mortales o incapacidades para el operario. Utilizando la metodología IPERC, se evaluó el nivel de riesgo, desde moderado hasta intolerable, donde el nivel con mayor frecuencia de estimación fue el nivel de (Importante). Se identificaron además factores de riesgo eléctrico, donde la exposición al contacto directo e indirecto y la tensión de contacto, fueron los principales causantes de eventos adversos en los técnicos operarios.
- Se elaboró una propuesta de un programa preventivo de riesgos eléctricos como una medida de seguridad, fundamentado en el análisis de riesgos previamente realizado. Este plan fue diseñado para guiar las actividades llevadas a cabo por los técnicos del laboratorio de transformadores, con el

objetivo de cumplir con los requisitos establecidos por la política de seguridad y salud ocupacional de la empresa.

- Se diseñaron procedimientos de trabajo en las actividades del laboratorio de transformadores, donde se incluyen procedimientos para trabajo en líneas energizadas y no energizadas, inspección y cuidado de EPP, actuación en caso de emergencias por accidente eléctrico, etiquetado y bloqueo y el procedimiento de pruebas eléctricas en transformadores de distribución. Dando funciones y responsabilidades a los encargados de la sección de transformadores. Este plan de prevención de riesgos eléctricos sirve como guía de gestión preventiva, proporcionando las pautas necesarias para llevar a cabo de forma segura y adecuada sus actividades cotidianas, con el propósito de garantizar la seguridad, preservar la salud del personal, fomentar un entorno laboral seguro y respetar la imagen empresarial de la EEASA. Estos procedimientos estarán a libre aprobación por parte del gerente actual de la empresa y del director del departamento de seguridad.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- Establecer precauciones tales como la determinación de distancias seguras, la conexión a tierra, el aislamiento o la cobertura de componentes energizados con el objetivo de mitigar los riesgos eléctricos identificados durante la evaluación inicial.
- Proporcionar formación a los empleados encargados de realizar pruebas eléctricas en transformadores, abordando las medidas de protección ante los riesgos eléctricos. Esto implica la adquisición de habilidades necesarias para trabajos con electricidad, la comprensión de las distancias seguras, así como el conocimiento y gestión de la planificación, identificación, evaluación y control de los riesgos eléctricos y la seguridad laboral.

- Antes de llevar a cabo las tareas cotidianas, se aconseja llevar a cabo una sesión introductoria sobre los riesgos a los que se enfrentan en las actividades que realizan.
- Se sugiere que el responsable del área de seguridad de la empresa lleve a cabo la implementación del manual de seguridad general. En esta tesis se expone una propuesta para el plan de prevención de riesgos laborales, que incluye los procedimientos de trabajo seguros, con la finalidad de preservar la seguridad física de los técnicos operarios que laboran en el laboratorio de transformadores del departamento de distribución de la EEASA. La ejecución de esta propuesta estará sujeta a la decisión tomada por el ingeniero a cargo del departamento y sus principales directivos.
- Suministrar los equipos de protección personal apropiados para las actividades llevadas a cabo en el área de pruebas eléctricas, los cuales deben ser utilizados en todo momento durante las labores en el laboratorio de transformadores y en otras áreas de la empresa donde se realicen actividades eléctricas.
- Seguir el formato de la ficha de permiso de trabajo eléctrico para las tareas cotidianas, en la que se detallen los riesgos a los que están expuestos, y donde el ingeniero supervisor o el responsable del área tenga la autoridad para aprobar la realización de trabajos eléctricos durante las pruebas de transformadores.
- Se finalice con la formación y la emisión de licencias para realizar labores eléctricas para todo el personal del laboratorio de pruebas de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.
- Que el laboratorio de transformadores cuente con áreas reservadas y seguras específicamente designadas para llevar a cabo pruebas eléctricas, con señalizaciones correspondientes para prevenir posibles riesgos.
- Que la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. deba cumplir con la obligación legal de implementar un Sistema de Gestión de Seguridad, asegurando así la conformidad con las normativas y la protección tanto del personal como de las instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Villarrubia, “Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano”, Barcelona-España, ago. 2018. Consultado: el 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/ee016/anexo/s-BIB851.pdf>
- [2] L. Pérez Gabarda, “NTP 400. Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano”, España, 2005. [En línea]. Disponible en: <https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/04/NTP-400.pdf>
- [3] A. C. Muñoz Chacón, “Estudio de Accidentes Eléctricos y Peligro del Arco Eléctrico. Introducción a un Programa de Seguridad Eléctrica”, *Ciencia y Trabajo*, pp. 122–127, 2015.
- [4] Y. Guzmán-González, “Riesgos y peligros laborales en termoeléctricas: una revisión de la literatura de 2007 a 2017”, *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, vol. 52, núm. 3, 2020.
- [5] A. Pérez Toapanta, F. R. Aguilera Daza, A. E. Cañizares Arcila, y G. M. Erazo Jiménez, “Seguridad e higiene industrial en el proceso de producción para la reducción de enfermedades profesionales y accidentes laborales”, *Centro Sur*, 2021, doi: 10.37955/cs.v4i2.67.
- [6] L. B. Capa Benítez, C. A. Flores Mayorga, y Y. Ortega, “Evaluación de factores de riesgo que ocasionan accidentes laborales en las empresas de Machala-Ecuador”, *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 10, feb. 2018.
- [7] J. R. Ocaña Montero, “Plan de Prevención de riesgos eléctricos para el departamento de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.”, Facultad de Mecánica - Escuela de Ingeniería Industrial, Riobamba-Ecuador, 2018.
- [8] C. F. Dávila Maldonado, “Diseño del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales en la opertatividad del sistema de distribución del área urbana de concesión de la Empresa Eléctrica Quito”, Thesis, Universidad Técnica Particular de Loja, Quito-Ambato, 2018.
- [9] A. J. Bastidas Guillén y X. G. Lascano Jaramillo, “Plan de Gestión Integral de mantenimiento, seguridad industrial y salud ocupacional bajo normas nacionales para aplicación en el taller automotriz del Gad del Cantón Alausí”, Thesis, Facultad de Mecánica - Escuela de Ingeniería Automotriz, Riobamba-Ecuador, 2016.
- [10] E. L. Pinza Hidalgo y P. A. Mejia Meneses, “Factor de riesgo eléctrico al que están expuestos los trabajadores del área de distribución, Zona Pasto, de la empresa Cedenar”, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, 2019.
- [11] D. Torres, C. Monroy, y P. Pérez, “Factibilidad de aplicación de las Directrices del Comité de Basilea para la evaluación de los riesgos operativos en empresas eléctricas estatales”, *Fundación Dialnet*, vol. 2, pp. 247–258, sep. 2019.

- [12] F. Álvarez, C. Vintró, y Ll. Pera, “Influencia de la crisis económica en los accidentes eléctricos en minería, en los años 2008 y 2018”, *Recercat*, vol. 2, jun. 2016.
- [13] C. P. Gómez-Martínez, E. D. Navarrete-Arboleda, V. Vega-Falcón, y W. Vayas-Valdivieso, “Identificación de factores de riesgo eléctrico en el personal operativo en empresa del sector privado”, *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida*, vol. 6, núm. 2, 2021, doi: 10.35381/s.v.v6i2.2041.
- [14] J. M. Cortés, *Seguridad e Higiene del Trabajo Técnicas de Prevención de riesgos laborales*, 10ma ed. México: Editorial Tébar Flores, 2012.
- [15] Instituto Ecuatoriano de seguridad social, “Reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”.
- [16] J. C. Romero, *Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales*, 2da ed. España: Ediciones Díaz de Santos, 2009.
- [17] F. Henao Robledo, *Riesgos Eléctricos y Mecánicos*, 2da ed. Bogotá-Colombia: Ediciones ECOE, 2015.
- [18] G. Ockuly, *SPD Electrical protection handbook*, 1st ed. Cleveland-United States: National Fire Protection Association, 2017.
- [19] C. Cavassa Ramírez, *Seguridad Industrial - Un enfoque ingebral*, 2da ed. México: Editorial Limusa, 2005.
- [20] A. Creus Solé y J. E. Mangosio, “Seguridad e Higiene en el trabajo - Un enfoque integral”, 1era ed., Buenos Aires: Alfaomega Grupo editor argentino, 2011, pp. 78–125.
- [21] S. Gallardo Vázquez, *Prevención de Riesgos Eléctricos*, 3a ed., vol. 2. Paraninfo Ediciones S.A., 2016.
- [22] Comité Instalaciones Eléctricas Provisionales, “NCh350 - Construcción seguridad - Instalaciones eléctricas provisionales”, Chile, 2010. Consultado: el 23 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_350_2000_Instalaci%C3%B3n_Electrica_Provisoria.pdf
- [23] Grupo Electrotec, “Transformadores trifásicos - Tipos de conexión”, electrotec.pe/blog. Consultado: el 5 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://electrotec.pe/blog/TiposDeConexionTransformadores>
- [24] Equipos y laboratorios de Colombia, “Equipos de transformación”, equiposylaboratorio.com. Consultado: el 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/transformadores>
- [25] Agencia de regulación y control de electricidad, “Pliego tarifario para las empresas eléctricas servicio público de energía eléctrica ARCONEL”, 2016.
- [26] Grupo Sector Electricidad, “Voltaje en líneas de distribución”, [Sector electricidad.com](https://sector-electricidad.com). Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible

- en: <https://www.sectorelectricidad.com/38403/voltaje-en-lineas-de-distribucion-de-baja-tension/>
- [27] Stanford Medicine, “Anatomía y funciones del sistema eléctrico”, stanfordchildrens.org. Consultado: el 3 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyandfunctionoftheelectricalsystem-90-P04865>
- [28] Ministerio de Minas y Energía, *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*, vol. 2. Colombia, 2013.
- [29] Asociación Española de Normalización y Certificación, *UNE 20572-1: efectos de la corriente sobre el hombre y los animales domésticos. Parte 1 aspectos generales*, 2a ed. España: AENOR, 2007.
- [30] Asociación Chilena de seguridad, “Manual de prevención de riesgos eléctricos”, 2019. Consultado: el 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/centro-de-fichas/documentos-esenciales/manual-prevencion-riesgos-electricos.pdf?sfvrsn=95f37d56_0
- [31] J. Cortés, “Riesgo eléctrico”, en *Seguridad e Higiene del trabajo*, 10a ed., 2012, pp. 323–344.
- [32] Administración Ocupacional de la Seguridad y la Salud (OSHA), *Manual de Seguridad Eléctrica*, vol. 3. Estados Unidos: Departamento de Trabajo OSHA, 2018.
- [33] Instituto Nacional Americano de Normas, *NFPA 70E - Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo*, vol. 2. National Fire Protection Association, 2018.
- [34] Ministerio de Minas, *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE*, 1a ed. Colombia, 2013.
- [35] M. Argoti, “Análisis del marco legal disponible para la seguridad nacional integral”, Unidad de Estudios Estratégicos-CESPE, Quito, 2023.
- [36] A. Acevedo, R. Ledesma, y E. Perera, “Manual de pruebas a transformadores de distribución”, Instituto Politécnico Nacional, México DF, 2017.
- [37] A. P. Pérez, *Transformadores de distribución - Teoría, cálculo, construcción*, 2a ed. México D.F.: Reverté Ediciones S.A., 2001.
- [38] Inatra Transformadores, “Monofásicos de distribución”, Inatra.com. Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://inatra.com/transformador/monofasico-distribucion/>
- [39] Inatra Transformadores, “Trifásicos de potencia”, Inatra.com. Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://inatra.com/transformador/trifasico-potencia/>
- [40] L. Lugo, “Diagrama de un transformador”, Diagramaweb.com. Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://diagramaweb.com/transformador/>

- [41] Sector Electricidad Org, “Conexión de red trifásico”, Sectorelectricidad.com. Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sectorelectricidad.com/37222/como-se-forma-el-neutro/>
- [42] Ecuatrán, “Catálogo de transformadores de distribución monofásicos - trifásicos”, ecuatran.com. Consultado: el 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure_distribucion.pdf
- [43] Dirección general de derechos fundamentales y seguridad en el trabajo, “Resolución Ministerial N° 050-2013-TR”, en *Formatos referenciales Ley de Salud en el trabajo*, vol. 1, pp. 168–176. Consultado: el 28 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.mimp.gob.pe/files/programas_nacionales/pncvfs/ccst/RM-050-2013-TR-Formatos-referenciales.pdf
- [44] M. Á. Ulloa Enríquez, “Riesgos del Trabajo en el Sistema de Gestión de Calidad”, *Ingeniería Industrial*, vol. 23, pp. 100–111, jul. 2012.
- [45] ABJ Ingenieros, “Matriz IPERC”, abjingenieros.com. Consultado: el 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://abjingenieros.com/matriz-iper-que-es-y-para-que-sirve/>
- [46] Kantan Software, “Gestionar matriz IPER para dar cumplimiento a ISO 45001”, www.kantansoftware.com/. Consultado: el 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.kantansoftware.com/blog/como-gestionar-una-matriz-iper-para-dar-cumplimiento-a-iso-45001/>
- [47] Implementación SIG, “Como elaborar una Matriz IPERC”, sig-implementacion.com. Consultado: el 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sig-implementacion.com/iso-45001/como-elaborar-una-matriz-iper/>
- [48] Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral, *Manual para Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles - IPERC*, vol. 1. 2022. Consultado: el 29 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sunafil/informes-publicaciones/3727397-manual-para-identificacion-de-peligros-y-evaluacion-de-riesgos-y-determinacion-de-controles>
- [49] Consejo colombiano de seguridad, “Guía técnica GTC colombiana 45 - Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos de seguridad y salud ocupacional”, Bogotá DC, jun. 2012. Consultado: el 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6034/ParraCuestaDianaMarcelaVasquezVeraErikaVanessa2016-AnexoA.pdf;jsessionid=B98D97905FAC85986C17CBC51961FB99?sequence=2>
- [50] Internacional Organization for Standardization, “Norma ISO 31000 - Administración/Gestión de riesgos”, feb. 2018. Consultado: el 13 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/5454330/14491339/Norma.ISO.31000.2018.Espanol.pdf/cb482b2c-afd9-4699-b409-0732a5261486>

- [51] Empresa Eléctrica EEASA, “La EEASA - Institución”, eeasa.com.ec. Consultado: el 14 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.eeasa.com.ec/mision-vision-y-principios/>
- [52] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2111:2004 - Transformadores de distribución - pruebas eléctricas”, Quito-Ecuador, 2004.
- [53] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2129:2013- Transformadores determinación del voltaje de cortocircuito”, Quito-Ecuador, 2013.
- [54] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2118:2013- Transformadores medida de la resistencia de los devanados”, Quito-Ecuador, 2013.
- [55] J. P. Aleaga Cevallos, “Diseño de un laboratorio de pruebas para transformadores de distribución para la Empresa Eléctrica regional del sur S.A. Loja”, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador, 2020. Consultado: el 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/979/17/UPS-CT001653.pdf>
- [56] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2117:2013- Transformadores relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular”, Quito-Ecuador, 2013.
- [57] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2 113:2013- Transformadores determinación de pérdidas y corriente sin carga”, Quito-Ecuador, 2013.
- [58] Icontec Internacional, *Norma Técnica NTC-IEC/ISO 31010 - Técnicas de valoración del riesgo*, vol. 2. Bogotá-Colombia: ICONTEC, 2013. Consultado: el 13 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.umng.edu.co/documents/20127/517101/ISO+31010.pdf/162891f7-4591-2486-12e4-90b9ecb2017c?t=1575487373025>
- [59] Jefatura del Estado Español, “Ley de Prevención de Riesgos Laborales”, Boe.es. Consultado: el 13 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf>
- [60] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, *Guía Técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico*, vol. 2. Madrid-España: Servicios Gráficos Kenaf, 2020. Consultado: el 21 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+protecci%C3%B3n+frente+al+riesgo+el%C3%A9ctrico/7455ad76-c68b-498a-b898-cdb8e09baa4f>
- [61] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2114:2004 - Transformadores de distribución nuevos monofásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito”, Quito-Ecuador, 2004.

- [62] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2115:2004 - Transformadores de distribución nuevos trifásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito”, Quito-Ecuador, 2004.
- [63] Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, “NTP 350.043:1 - Extintores portátiles”, Lima-Perú, jul. 2011.
- [64] Organización DACORP, “Ubicación e Instalación de Extintores”, dacorp.com.pe. Consultado: el 25 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.dacorp.com.pe/ubicacion-e-instalacion-de-extintores/>
- [65] Seguridad Industrial y Ciudadana Tesicnor, “Arco eléctrico - Seguridad Eléctrica”, seguridadindustrial.tesicnor.com. Consultado: el 27 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://seguridadindustrial.tesicnor.com/arco-electrico/>
- [66] V. del B. Arjona, “Primeros auxilios en accidente eléctrico”, Olerdola.org. Consultado: el 3 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/474102246/OLERDOLA-Primeros-Auxilios-en-Accidentes-Elctricos>
- [67] O. Pardo, “Respiración artificial”, atendiendonecesidades.blogspot.com. Consultado: el 3 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://atendiendonecesidades.blogspot.com/2012/12/respiracion-artificial.html>
- [68] Organización Tafad, “Masaje cardíaco externo”, www.tafadycursos.com. Consultado: el 4 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.tafadycursos.com/load/socorrismo/temario/masaje_cardiaco_externo/145-1-0-852

ANEXOS

Anexo A. Entrevista

En la Tabla A1 se presenta el formato de la entrevista dirigida al Ingeniero Carlos Solís, director del Departamento de Distribución de la EEASA

Tabla A1. Formato de entrevista

	EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO									
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial Formato de entrevista									
Entrevista										
La información proporcionada durante la entrevista se mantendrá en estricta confidencialidad y no se utilizará para ningún otro propósito que no esté relacionado con el tema de investigación.										
<table border="1"><tr><td>Nombre</td><td>Carlos Solís</td></tr><tr><td>Cargo/Rol</td><td>Director del Departamento de Distribución de la EEASA</td></tr><tr><td>Fecha de la entrevista</td><td>20/10/2023</td></tr><tr><td>Hora de inicio</td><td></td></tr></table>			Nombre	Carlos Solís	Cargo/Rol	Director del Departamento de Distribución de la EEASA	Fecha de la entrevista	20/10/2023	Hora de inicio	
Nombre	Carlos Solís									
Cargo/Rol	Director del Departamento de Distribución de la EEASA									
Fecha de la entrevista	20/10/2023									
Hora de inicio										
<p>1. ¿Está familiarizado con todas las medidas de prevención de accidentes en su entorno laboral?</p> <p>2. ¿En el ejercicio de su cargo, tiene conocimiento de algún accidente laboral que haya involucrado a algún trabajador y cuáles fueron las repercusiones de dichos incidentes?</p> <p>3. ¿El departamento de la empresa que usted dirige ha enfrentado alguna demanda legal relacionada con accidentes laborales de algún empleado?</p>										

4. ¿Se han llevado a cabo actividades de control para el manejo de los riesgos eléctricos durante la ejecución de las labores rutinarias del personal del área del laboratorio de pruebas de transformadores de la EEASA?

5. ¿En su rol como director de este departamento, existe algún plan para asegurar que cada trabajador adquiriera conocimientos sobre las normas básicas de seguridad, con el fin de prevenir los riesgos a los que puedan estar expuestos?

6. ¿Según su opinión, ¿considera que los empleados de la empresa, especialmente aquellos que trabajan dentro de las instalaciones del laboratorio de transformadores que se involucran con líneas de media tensión y baja tensión, utilizan adecuadamente los equipos de protección personal?

7. ¿Mantiene un diálogo frecuente con los trabajadores para estar al tanto de los problemas relacionados con los accidentes que ocurren en la manipulación de las líneas de media y baja tensión en la inyección de tensiones de prueba hacia los equipos de transformación?

Nota: La decisión de participar es completamente voluntaria. En caso de tener preguntas durante su intervención, puede dirigir las a cualquier instancia. Asimismo, tiene total libertad para optar por no responder alguna pregunta que le resulte incómoda, si así lo considera necesario.

Elaborado por:	Revisado y Aprobado por:
..... Investigador Ing. Jeanette Ureña, Mg.

Anexo B. Lista de verificación

Empresa				
Dirección Sucursal				
N° Trabajadores				
Nombre encargado del Laboratorio				
Agencia				
Objetivo	Verificar la existencia de las condiciones de seguridad necesarias en la instalación del laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores de la EEASA.			
Condición de Seguridad – Lugar de Trabajo				
Personal				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
1	En situación de emergencia, se permite una rápida y segura evacuación del personal			
2	Los trabajadores han recibido información sobre las medidas de prevención y protección aplicables			
3	Solamente el personal autorizado y debidamente capacitado tiene acceso a las instalaciones			
4	Las personas que operan máquinas eléctricas estacionarias se encuentran sobre un material aislante			
5	Los trabajadores que realizan labores en circuitos abiertos (des energizados) utilizan los equipos de protección personal y siguen los procedimientos adecuados para llevar a cabo dichas tareas			
6	Para acceder a las áreas de tableros eléctricos se muestran credenciales de permiso			
7	Solamente el personal cualificado y autorizado, con una orden, puede habilitar la instalación o retirar candados o etiquetas			
8	El personal encargado de llevar a cabo pruebas en transformadores está especializado en esta tarea			
Seguridad Estructural				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
9	Las condiciones estructurales tienen una solidez adecuada a las actividades previstas			
10	Techos y cubiertas ofrecen garantía suficiente para efectuar los trabajos, o se proporcionan los equipos de protección individual necesarios			
11	El acceso a techos y cubiertas sin suficientes garantías de resistencia, lo realiza personal con los EPP's necesarios			
12	Están protegidas las zonas de paso junto a instalaciones peligrosas			
13	Los espacios de trabajo están protegidos de posibles riesgos externos a cada puesto			
14	El acceso, permanencia y salida de trabajadores a espacios confinados y a zonas con riesgo de caída, caída de objetos está controlado			
15	Las escaleras fijas y medios de acceso metálicos sometidos a la intemperie, se encuentran en buenas condiciones de uso			
16	Se observan hábitos correctos de trabajo en el uso de escaleras manuales			

17	Es adecuada la iluminación de cada zona (pasillos, espacios de trabajo, escaleras) a su acometido específico			
Dimensiones				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
18	Hay 3 metros de altura de suelo a techo			
19	2 m ² de superficie libre por trabajador y 10 m ³ de volumen			
20	Si no se dispone de espacio suficiente en el puesto, existe espacio suficiente en las proximidades			
21	La anchura de las vías de circulación de personas o materiales es suficiente			
22	Los portones destinados a la circulación de vehículos son usados por los peatones sin riesgos para su seguridad			
23	Las dimensiones adoptadas permiten realizar movimientos seguros			
Suelos, aberturas y desniveles				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
24	Suelos fijos, estables y no resbaladizos			
25	Suelos sin irregularidades ni pendientes peligrosas			
26	Están protegidas las aberturas en el suelo, los pasos y las plataformas de trabajo elevadas			
27	Barandillas de materiales rígidos, con altura mínima de 90 cm, impiden el deslizamiento de personas por debajo o la caída de objetos (rodapiés)			
Vías de circulación				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
28	Dimensiones adecuadas al número de usuarios			
29	Se mantiene un ancho superior a 1 metro en cualquier pasillo			
30	Separación entre paso de peatones y vehículos. Los pasillos por los que circulan vehículos permiten el paso de personas sin interferencias			
31	Vías de tránsito de vehículos distanciadas de cruces con puertas, pasillos de peatones, escaleras			
32	Si procede, está señalizado el ancho de la vía			
Vías y salidas de evacuación				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
33	Desembocan lo más directamente posible en la zona segura			
34	Se mantienen libres de obstáculos			
35	Número y dimensiones acordes con el riesgo y la ocupación			
36	Puertas de emergencia con apertura hacia el exterior, con sistema de apertura fácil y señalizadas			
Señalización y alumbrado de emergencia				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
37	Están señalizadas las salidas y vías de evacuación			
38	Están señalizados los equipos de protección de incendios			
39	Está señalizado el riesgo eléctrico			
40	Se encuentra señalizado la prohibición de fumar en archivos y almacenes			
41	Está señalizada la ubicación del botiquín			
42	Existe la instalación de alumbrado de emergencia			

Incendios				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
43	Se dispone de un manual de autoprotección o plan de emergencia			
44	El plan de emergencia lo conoce todo el personal			
45	Disponen de suficientes vías de evacuación y salidas al exterior para el aforo local			
46	Disponen de iluminación de emergencia			
Extintores				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
47	Son adecuados al tipo de fuego previsible			
48	Emplazamientos visibles y accesibles			
49	Colocados sobre parámetros a menos de 1,70 m del suelo			
50	Recorrido desde cualquier punto al extintor más cercano menor de 15 metros			
51	Precintos intactos			
52	Revisión trimestral, anual y prueba de presión cada cinco años			
53	Documentación/registro			
Orden y limpieza				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
54	Zonas de paso delimitadas y circulaciones libres de obstáculos			
55	Son correctas las características del suelo y se realiza limpieza periódica			
56	El espacio de trabajo está ordenado, libres de obstáculos y con el equipamiento necesario			
57	Se eliminan con rapidez las manchas de residuos y sustancias peligrosas			
58	Las operaciones de limpieza se efectúan garantizando la seguridad y la salud de los trabajadores			
59	Se evita la exposición a temperaturas y humedades extremas			
60	Humedad relativa entre 30 y el 70%			
61	Las corrientes de aire no producen molestias a los trabajadores			
62	Distribución adecuada de entradas de aire limpio y salidas de aire viciado			
Investigación de accidentes eléctricos				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
63	Se han producido incidentes con respecto a la inspección de seguridad anterior y han sido adecuadamente investigados determinándose acciones correctivas			
Condición de Seguridad – Instalación eléctrica				
Condiciones Generales de la infraestructura y lugar de trabajo				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
1	La instalación eléctrica está aprobada por la autoridad competente			
2	Su diseño, ejecución, transformación, ampliación es realizada por personal certificado			
3	Los cables y/o conductores cumplen con el código de colores			
4	Los cables y/o conductores son aislados			
5	La altura mínima del tendido eléctrico a la intemperie es de 4m			

6	Los interruptores de tableros de distribución tienen tapas protectoras y son de material aislante			
7	Se cumple con las distancias de seguridad mínima a tendidos eléctricos			
8	Cuenta el personal con habilidades competentes para realizar el trabajo			
9	Existen señales de advertencia de riesgo eléctrico en las áreas de trabajo			
10	Se dispone de EPP homologado			
11	Se ha realizado un análisis de la incidencia de energía para los EPP			
12	Se verifica que el cableado este firme, en su lugar y apoyados independientemente			
13	Se cuentan con equipos de seguridad para realizar trabajos en altura			
14	La instalación general dispone de puesta a tierra (TT) revisado e interruptores diferenciales dispuestos por sectores			
15	El emplazamiento está mojado (impregnado de humedad)			
16	El local presenta riesgo de incendio y explosión al existir sustancias susceptibles de inflamarse o explosionar			
17	Las canalizaciones fijas por el suelo disponen de protección mecánica			
18	Las instalaciones eléctricas cuentan con sistemas de protección en caso de fluctuaciones en el suministro de corriente			
19	Todos los equipos están correctamente conectados a tierra			
20	Los cables de las máquinas de pruebas eléctricas para transformadores están protegidos con tuberías y asegurados a la pared u otros soportes			
21	El espacio destinado a las pruebas se mantiene en un estado óptimo de organización y limpieza, sin objetos almacenados en él			
22	Durante el mantenimiento de fusibles, se mantienen extintores cerca del área de trabajo			
Tableros eléctricos provisionales				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
23	Los paneles de distribución permanecen cerrados y cuentan con una clara señalización e identificación			
24	La instalación eléctrica cuenta con un tablero general y dispone de protección contra intensidades			
25	El tablero general se encuentra a la vista y en un lugar de fácil acceso			
26	Los tableros son de material no combustible o auto extingible, aislante, resistente a la humedad y a la corrosión			
27	Los circuitos están protegidos con interruptores automáticos y protectores diferenciales			
28	Las puertas de los tableros eléctricos están señalizadas con "Peligro eléctrico"			
29	Los circuitos están identificados			
30	Los tableros que están a la intemperie tienen una visera que la proteja de la lluvia			

31	Son inspeccionados frecuentemente los tableros de distribución			
32	Se carece del sistema de neutro aislado (IT) y dispositivos de corte automático (fusibles o interruptores diferenciales)			
Extensiones Eléctricas				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
33	El recubrimiento del cable conductor se encuentra en buen estado: sin cortes, cables desnudos, sin exceso de uniones			
34	Los enchufes de las extensiones son de tipo industrial			
35	Las extensiones se encuentran por vía aérea			
36	Se inspeccionan antes de ser utilizadas las extensiones eléctricas			
37	Las clavijas y bases de enchufes son correctas y sus partes en tensión son inaccesibles cuando la clavija está parcial o totalmente introducida			
38	Los conductores eléctricos mantienen su asilamiento en todo el recorrido y los empalmes y conexiones se realizan de manera adecuada			
39	Los equipos eléctricos, receptores fijos y tomas de corriente están protegidos contra proyecciones de agua			
40	Las tomas de corriente, clavijas disponen de una protección adecuada para las condiciones de utilización			
Herramientas y Equipos				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
41	Los motores eléctricos cuentan con interruptores de encendido y apagado			
42	Los conductores y enchufes de las herramientas y equipos se encuentran en buen estado			
43	La grúa de izaje cuenta con un tablero independiente			
44	Se cuenta con herramientas suficientes para realizar las tareas			
45	Se inspeccionan frecuentemente las herramientas y equipos			
46	El mango de agarre de las herramientas de mano está recubierto por material aislante o sigue dentro de su vida útil			
47	Actualización periódica de nuevas herramientas tecnológicas			
48	Se comprueba si hay piezas rotas o dañadas y contaminadas por materiales extraños			
49	Los equipos de medición cuentan con medidas para evitar un funcionamiento inadecuado del circuito			
50	Hay un plan de mantenimiento programado para todos los equipos de pruebas e instalaciones eléctricas			
Actividades				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
51	Las labores se llevan a cabo bajo la supervisión de un encargado de la actividad correspondiente			
52	Existe una orden de trabajo respaldada por una comunicación previa al jefe del departamento			

53	El técnico realiza la limpieza de su área de trabajo antes de comenzar su labor			
54	Se asegura de que no se realicen conexiones, desconexiones o ajustes en equipos eléctricos que carezcan de etiquetas de seguridad			
55	El supervisor encargado de las labores de mantenimiento a transformadores se encarga de verificar las características de operación, diseño y montaje con el propósito de proporcionar la mejor protección ante posibles riesgos para el personal que trabaja en el área			
56	Previo a asegurar la zona de trabajo, el electricista verifica que el interruptor está abierto mediante la medición del voltaje a tierra			
57	Se verifica el buen estado de los candados y etiquetas			
58	El personal cuenta con documentación previa sobre el área de trabajo (voltaje, frecuencia, ficha técnica de transformadores, tipo y composición del circuito)			
59	Se verifica que existe continuidad de los conductores conectados a tierra			
60	La tarea involucra conductores energizados o partes de circuitos expuestos			
61	Se utiliza protección básica para contacto directo o indirecto con circuitos expuestos			
62	Se comprueba la continuidad y la integridad de los conductores eléctricos			
63	Se verifica la temperatura de las redes eléctricas			
64	Existen partes del cuerpo que se encuentren dentro del límite de arco eléctrico			
65	Los trabajos se realizan con las condiciones climáticas adecuadas			
66	Se observa una ejecución correcta del trabajo y se verifica el cumplimiento de las "5 reglas de oro"			
67	En trabajos de proximidad de líneas eléctricas de alta tensión se adoptan medidas antes del trabajo para evitar el posible contacto accidental			
68	Los trabajos de mantenimiento de tableros de distribución se realizan por personal formado y con experiencia y se dispone de elementos de protección exigibles			
69	Es adecuado el mantenimiento de los transformadores (cajas cerradas, sin roturas, todos los tornillos puestos, canalizaciones, aislamiento)			
Capacitación				
Ítem	Condición Observada	Si	No	Observaciones
70	A los trabajadores se les brinda formación sobre cómo actuar en caso de accidentes relacionados con la electricidad y cómo administrar primeros auxilios			
71	Se le proporcionaron al técnico operador instrucciones previas acerca de los posibles riesgos asociados a la tarea que va a realizar			
72	Los trabajadores que operan los equipos y herramientas han sido capacitados			

73	Se establecen normativas de seguridad y protocolos específicos para labores con baja, media y alta tensión			
74	El personal que realiza trabajos en alta tensión está cualificado y autorizado para la actividad			
75	El personal ha recibido charlas de seguridad sobre RCP y qué hacer ante efectos por quemaduras			
TOTAL				

Anexo C. Encuesta aplicada al personal Técnico Operativo del Departamento de Operación

	<h2>EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO</h2>		
Encuesta aplicada al personal técnico operativo del área del laboratorio de transformadores			
Objetivo: identificar la necesidad de instaurar un Manual de Procedimientos de Trabajo Seguro en el Laboratorio de Pruebas Eléctricas de Transformadores de Distribución, con el fin de prevenir accidentes de naturaleza eléctrica en el personal que labora en esta área.			
La información obtenida de las preguntas de la presente encuesta se mantendrá en estricta confidencialidad y se utilizará para el propósito del estudio relacionado con el tema de investigación.			
Nombre del encuestador		Christian Daniel Shiguango	
Fecha de la encuesta		23/10/2023	
Perfil del encuestado			
Cargo que desempeña en la empresa			
Descripción del puesto		Ingeniero encargado del área de laboratorio de transformadores	
Tiempo que desempeña en la empresa			
Horario de trabajo			
Edad			
Sexo		Hombre	Mujer
Preguntas			
1. ¿Está usted familiarizado acerca de los temas que abordan un manual de procedimientos de trabajo seguro?			
<input type="checkbox"/>	SI		
<input type="checkbox"/>	NO		
2. ¿Considera usted que la seguridad laboral del personal encargado de realizar pruebas eléctricas en transformadores podría mejorarse mediante la implementación de un manual de procedimientos de trabajo seguro?			
<input type="checkbox"/>	SI		
<input type="checkbox"/>	NO		
3. ¿Está usted dispuesto a comprometerse a seguir fielmente las disposiciones descritas en caso de que la institución considere implementar un Manual de Procedimientos de Trabajo Seguro para la ejecución de las pruebas eléctricas de transformadores, con el objetivo de prevenir accidentes de naturaleza eléctrica?			
<input type="checkbox"/>	SI		
<input type="checkbox"/>	NO		

4. ¿Cuenta con la licencia requerida para realizar trabajos eléctricos según lo establecido por la legislación laboral?

<input type="checkbox"/>	SI
<input type="checkbox"/>	NO

5. ¿Emplea usted el equipo de protección personal para garantizar su seguridad personal durante la realización de las diversas pruebas eléctricas en los transformadores?

<input type="checkbox"/>	SI
<input type="checkbox"/>	NO

6. ¿Cree usted que la Empresa Eléctrica Ambato debería contar con manuales de procedimientos de trabajo seguro con el fin de reducir la probabilidad de accidentes eléctricos?

<input type="checkbox"/>	SI
<input type="checkbox"/>	NO

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta

Elaborado por:

Revisado y Aprobado por:

.....
Investigador

.....
Ing. Jeanette Ureña, Mg.

Anexo D. Encuesta aplicada al personal de Mandos Medios del departamento de Operación

	<h2>EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO</h2>		
Encuesta aplicada al personal de mandos medios			
<p>Objetivo: recabar la opinión de los mandos medios en relación con la necesidad de proponer un manual de procedimientos de trabajo seguro en el laboratorio de pruebas eléctricas de transformadores de distribución, que permitan garantizar la seguridad laboral durante la ejecución de las tareas rutinarias.</p>			
<p>La información obtenida de las preguntas de la presente encuesta se mantendrá en estricta confidencialidad y se utilizará para el propósito del estudio relacionado con el tema de investigación.</p>			
Nombre del encuestador		Christian Daniel Shiguango	
Fecha de la encuesta		23/10/2023	
Perfil del encuestado			
Cargo que desempeña en la empresa			
Descripción del puesto		Ingeniero encargado del área de laboratorio de transformadores	
Tiempo que desempeña en la empresa			
Horario de trabajo			
Edad			
Sexo		Hombre	Mujer
Preguntas			
<p>a. ¿Cuál de las siguientes pruebas eléctricas en el transformador cree que representa un mayor riesgo de electrocución para el personal del laboratorio de pruebas?</p>			
	Prueba de relación de transformación		
	Prueba de resistencia de asilamiento		
	Prueba de resistencia de devanados		
	Prueba de pérdidas sin carga (vacío)		
	Prueba de pérdidas con cargas (cortocircuito)		
<p>b. ¿Cuál sugerencia tiene usted para evitar accidentes o incidentes laborales en el laboratorio de pruebas eléctricas, que puedan mejorar la integridad física y la salud emocional del personal?</p>			
	Sistema de Gestión de Seguridad Industrial		
	Manual de Procedimiento para trabajo seguro		
	Unidad de seguridad laboral		
	Comité de seguridad laboral		
<p>c. ¿Qué nivel de capacitación en el manejo de equipos de medición y conexión en las pruebas eléctricas del transformador considera usted necesario para asegurar la adecuada integridad física del personal operativo?</p>			

<input type="checkbox"/>	Mucha capacitación actualizada sobre gestión de riesgos eléctricos incluido la formación en normas y procedimientos				
<input type="checkbox"/>	Mediana capacitación respecto de temas en seguridad industrial y prevención de accidentes laborales				
<input type="checkbox"/>	Capacitación básica en entrenamientos de seguridad industrial				
<p>d. ¿Cree usted que, debido a su clasificación como institución de alto riesgo, la Empresa Eléctrica Ambato debería involucrarse en la creación de Manuales de Procedimientos de Trabajo Seguro para todos sus procesos laborales?</p> <table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO
<input type="checkbox"/>	SI				
<input type="checkbox"/>	NO				
<p>e. ¿Considera usted que es esencial contar con un manual de procedimientos de trabajo seguro para las pruebas eléctricas de transformadores realizadas en el laboratorio de la EEASA?</p> <table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO
<input type="checkbox"/>	SI				
<input type="checkbox"/>	NO				
<p>Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta</p>					
<p>Elaborado por:</p>	<p>Revisado y Aprobado por:</p>				
<p>..... Investigador</p>	<p>..... Ing. Jeanette Ureña, Mg.</p>				

Anexo E. Registro de uso y estado del EPP

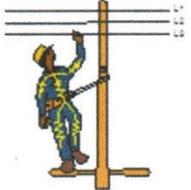
		EEASA LABORATORIO DE TRANSFORMADORES			Versión: 00	
		LISTA DE CHEQUEO EPPS			Página: 1 de 1	
Elemento EPP		USA		Estado	Observaciones	
1	Casco de seguridad	SI	NO			
1.1	Está en buen estado el casco aislante					
1.2	Se encuentra en buen estado el tafilete del casco					
2	Calzado de seguridad	SI	NO	Estado	Observaciones	
2.1	Está en buen estado la cubierta					
2.2	Está en estado adecuado la suela del calzado					
2.3	Son adecuadas para el riesgo presente					
3	Guantes de seguridad	SI	NO	Estado	Observaciones	
3.1	Estado material está en buenas condiciones					
3.2	Son adecuados para el riesgo y el voltaje de las pruebas eléctricas					
3.3	Presenta deterioro general					
4	Pantalla facial	SI	NO	Estado	Observaciones	
4.1	Presencia de deformaciones, dobladuras					
4.2	Presencia de cortes o rotura					
4.3	Está en buen estado o funcionamiento					
5	Protectores auditivos	SI	NO	Estado	Observaciones	
5.1	Presencia de desgaste o deformaciones					
5.2	El ajuste es inadecuado o incorrecto					
5.3	Es adecuado el EPP para el riesgo					
6	Ropa de trabajo	SI	NO	Estado	Observaciones	
6.1	Existe aseo e higiene					
6.2	Las fibras están desgastadas o cortadas					
6.3	El estado general es adecuado					
Estado:		B: Bueno R: Regular M: Mal estado D: Deteriorado I: Inservible				
Trabajo a realizar:				Fecha:		
Nombre del ingeniero supervisor:				Firma:		
Cargo:				Firma:		
Nombre del ingeniero técnico operario:						

Anexo F. Permiso de trabajo eléctrico

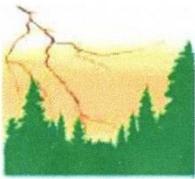
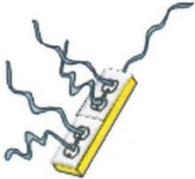
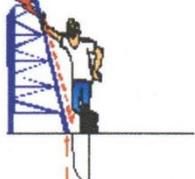
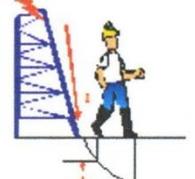
Este anexo abarca las pautas para la emisión de un permiso de trabajo eléctrico. Mediante esta herramienta, el ingeniero supervisor tendrá la capacidad de aprobar la realización de trabajos eléctricos durante las pruebas de transformadores.

Permiso para trabajo eléctrico	
Parte I: a ser completado por el Ingeniero supervisor	
Fecha de registro:	Número de orden de trabajo:
(1) Descripción del equipo/lugar de trabajo:	
(2) Descripción del trabajo a realizar:	
(3) Cargo del responsable de la actividad:	
Parte II: a ser completado por el técnico operario eléctricamente calificado que está ejecutando la tarea	
(1) Descripción del procedimiento de trabajo a utilizar al realizar esta tarea, puede seleccionar uno de los procedimientos de pruebas eléctricas de los transformadores de distribución:	
(2) Descripción de las prácticas de trabajo seguro a emplear:	
(3) Resultados del análisis del riesgo de choque eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> (a) Voltaje al cual está expuesto el personal de pruebas eléctricas: (b) Frontera de aproximación limitada: (c) Frontera de aproximación restringida: (d) EPP contra choque eléctrico necesario para realizar esta tarea de forma segura: 	
(4) Medios de restricción de acceso a personas no calificadas al área de trabajo:	
(5) Evidencia de realización de un informe de trabajo incluyendo una discusión sobre los peligros asociados a las tareas:	
(6) ¿Está de acuerdo en que el trabajo descrito puede hacerse de forma segura?	
Firma del técnico operario calificado:	Fecha:
Parte III: Aprobaciones para realizar el trabajo eléctrico	
Jefe del área de transformadores y líneas energizadas: Ingeniero supervisor del área de transformadores:	

Anexo G. Factores de riesgo eléctrico más comunes según RETIE 2013

Factores de riesgos eléctricos más comunes	
Imagen referencial	Descripción
	<p align="center">ARCOS ELÉCTRICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p align="center">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p align="center">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p align="center">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	<p align="center">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p align="center">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p align="center">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>

Factores de riesgos eléctricos más comunes

Imagen referencial	Descripción
	<p align="center">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p align="center">SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>
	<p align="center">TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p align="center">TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>



Anexo I. Matriz de riesgos eléctricos del personal del área del laboratorio de transformadores EEASA

Razón social o Denominación Social	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.	Proceso:	Pruebas eléctricas de transformadores de distribución
Area	Departamento de Distribución	Fecha de Elaboración:	23/11/2023

Proceso	Puesto de trabajo	Actividad	Tarea	Peligro	Factor de riesgo por su actividad	Fotografía	Descripción del riesgo	Factor de Riesgo (Causa)	Evento efecto	Probabilidad					Índice de Severidad	Riesgo = Probabilidad * Severidad	Nivel de riesgo	Jerarquía de Controles					Medidas de control
										Índice de personas expuestas (A)	Índice procedimientos existentes (B)	Índice de capacitación (C)	Índice de exposición al riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)				ELM	SUS	CDI	CAD	EPP	
Departamento de Distribución: área de Transformadores y líneas energizadas; pruebas eléctricas de transformadores	Técnico operativo técnico encargado de las pruebas eléctricas	Verificación de condiciones iniciales antes de prueba	Comprobar el sistema puesta a tierra	Falla de aislamiento en los elementos del transformador	Contacto indirecto		Al realizar la actividad se trabaja con alto voltaje y se corre el riesgo de contacto por falla en el sistema de puesta a tierra de elementos conductores en el transformador	Falta de conductor de puesta a tierra, falla de aislamiento		2	2	2	3	9	2	18	M				X	X	Aplicación de las cinco reglas de oro. Difundir procedimientos de trabajo seguro de pruebas eléctricas, programas de capacitación y charlas de actuación en emergencias eléctricas. Desarrollar un procedimiento en caso de emergencia. Inspección de equipos y herramientas. Contar con licencia de autorización para intervenciones eléctricas, colocación de señalética de advertencia de los riesgos eléctricos presentes en el lugar de trabajo. Actualización de los EPP e inspección frecuente de los mismos.
		Conexión de los cables de poder al transformador para ejecución de prueba eléctrica de relación transformación	Cambiar los taps conmutadores del transformador trifásico cuando está energizado	Presencia de tensión de 80V	Contacto directo		Posible contacto eléctrico en los cambios del tap del conmutador del transformador cuando está energizado	Negligencia del técnico o violación de distancias de seguridad, exceso de confianza, no uso de EPP, falta de comprobación de puesta a tierra local, falta de recubrimiento de la parte activa	Umbral de percepción, descarga dolorosa y movimientos bruscos, contracciones musculares involuntarias, tetanización, fibrilación ventricular, paro respiratorio, quemaduras de la piel.	2	2	2	3	9	2	18	M		X		X	X	
		Conexión de los cables de poder al transformador para ejecución de prueba eléctrica	Colocar pinzas de sujeción en los bushing de media tensión	En la colocación de las pinzas de sujeción sin descargar la tensión del transformador previamente	Tensión de contacto		Es producida entre la parte de contacto del operario por el que circula la corriente y una masa o elemento metálico que no se encuentra suficientemente aislado y no se emplea los guantes aislantes	Violación de distancia de seguridad a tendidos eléctricos		2	2	2	3	9	2	18	M	X	X		X	X	
		Conexión de los cables de poder al transformador para ejecución de prueba eléctrica	Colocar pinzas de sujeción en los bushing de media tensión	Mal contacto entre pinzas de sujeción con los bornes (bushing) del transformador en MI y BT	Exposición a arco eléctrico		Se produce una condición insegura cuando no se coloca de forma segura las pinzas alicates de sujeción y se corre el riesgo de exponerse directamente a la tensión inducida	Malos contactos, manipulación indebida de conectores de medición, descuido en trabajos de tensión de voltaje, falta de aislamiento en la parte activa		2	1	2	2	7	2	14	MO		X	X	X	X	

Departamento de Distribución: área de Transformadores y líneas energizadas; pruebas eléctricas de transformadores	Técnico operario técnico encargado de las pruebas eléctricas	<p>Conexión de los cables de poder al transformador para ejecución de prueba de resistencia de aislamiento</p>	<p>Colocar las conexiones de las pinzas de medida en los contactos de media y baja tensión</p>	<p>Presencia de tensión de prueba de 5000 V, en los bushing de media y baja tensión en prueba de resistencia de aislamiento</p>	<p>Tensión de paso</p>		<p>Cuando el operario no se percata de la falta o fallas de conexión a tierra en el circuito de pruebas y se expone a una elevada tensión de 5kV. Se descuida de posible voltaje inducido por el equipo de medida en el transformador</p>	<p>Retardo en el despeje de la falla, fallas de sistema a tierra, conexiones flojas</p>	2	2	2	2	8	3	24	M			X	X	X	
		<p>Conexión de los cables de poder al transformador para ejecución de prueba eléctrica</p>	<p>Comprobar el circuito de conexión en la prueba</p>	<p>Cables conductores en mal estado, enchufes y extensiones eléctricas deteriorados</p>	<p>Cortocircuito</p>		<p>Cuando el técnico realiza las pruebas, los cables conductores están desprotegidos en los equipos de medida, y algunos cables de conexión no presentan un aislante adecuado</p>	<p>Fallas de aislamiento, equipos defectuosos, uniones defectuosas de conductores o conductores sin aislación</p>		2	1	2	2	7	2	14	MO		X		X	
		<p>Programación del equipo de medida para inyección de voltaje</p>	<p>Injectar voltajes elevados (mayor a 100V en monofásicos y menores a 400V en trifásicos) para la prueba de vacío y cortocircuito</p>	<p>Exposición a voltaje de red de inyección elevado por su peligrosidad y la inadecuada manipulación de red</p>	<p>Tensión de paso</p>		<p>El riesgo se presenta cuando el operario comete un descuido de los posibles voltajes inducidos por los equipos de medida en los transformadores que se ejecutan las pruebas y no mantiene las distancias de seguridad restringidas con respecto a los transformadores al momento de ejecutar las pruebas.</p>	<p>Falta de serialización de posibles riesgos, no se respeta las áreas restringidas de seguridad, falta de protección por tensiones de baja tensión</p>	<p>Unbral de percepción, descarga dolorosa y movimientos bruscos, contracciones musculares involuntarias, tetanización, fibrilación ventricular, paro respiratorio, quemaduras de la piel.</p>	2	2	2	2	8	3	24	M	X			X	X
		<p>Conexión de los cables de poder al transformador para ejecución de prueba eléctrica</p>	<p>Colocar pinzas alicates de sujeción en los bushing de media tensión</p>	<p>Contacto accidental de herramientas con la línea o equipos energizados</p>	<p>Arco eléctrico</p>		<p>Se presenta a causa de malos contactos accidentales entre herramientas con los bornes del transformador que aún se encuentra con remanencia de corriente, puede provocar efecto del arco eléctrico dada la cercanía a menos de 1 metro de la fuente de tensión</p>	<p>Manipulación indebida de equipos de medida o herramientas, descuidos en trabajos de mantenimiento</p>		2	2	3	2	9	2	18	M				X	X
		<p>Colocar pinzas alicates de sujeción en los bushing de media tensión</p>	<p>Las herramientas de sujeción no cuentan con un mango de agarre recubierto por material aislante</p>	<p>Contacto directo</p>		<p>El riesgo se presenta cuando el operario no emplea los guantes aislantes, realiza la conexión con las manos desprotegidas y debido a que la herramienta alicate de sujeción no tiene un mango aislante puede ocurrir un contacto directo con la línea de MT</p>	<p>Falta de recubrimiento de las partes activas, falta de utilización de EPP, no probar ausencia de tensión, herramientas sin material aislante</p>		2	3	2	3	10	2	20	M		X			X	X
		<p>Programación de equipo de medida para inyección de cargas de prueba</p>	<p>Injectar una corriente de 250 mA en MT o 5A en BT para prueba de resistencia de devanados</p>	<p>Aumento de corriente nominal sin comprobación de los conductores y conexiones seguras</p>	<p>Sobrecarga</p>		<p>El riesgo ocurre cuando se inyecta una corriente superior a la nominal para la prueba requerida, y por falta de organización en cables conductores del equipo de medida y presencia de conexiones flojas hacia</p>	<p>Superar los límites nominales de los conductores, no se controla el factor de potencia, malos contactos, tendido eléctrico desorganizado a nivel del suelo, área peligrosa sin la</p>		2	2	2	3	9	3	27	II	X			X	X

Aplicación de las cinco reglas de oro. Difundir procedimientos de trabajo seguro de pruebas eléctricas, programas de capacitación y charlas de actuación en emergencias eléctricas. Desarrollar un procedimiento en caso de emergencia. Inspección de equipos y herramientas. Contar con licencia de autorización para intervenciones eléctricas, colocación de señalética de advertencia de los riesgos eléctricos presentes en el lugar de trabajo. Actualización de los EPP e inspección frecuente de los mismos.

		Programación de equipo de medida para inyección de cargas de prueba	Inyectar el voltaje de prueba de 5kV para la prueba de resistencia de aislamiento	Peligro de explosión de un transformador en condiciones de prueba al inyectar la carga de tensión respectiva	Riesgo de incendio y explosión		Sucede cuando por limitaciones de tiempo se obvia por determinar la prueba de PCB del aceite aislante y se inyecta la tensión al transformador, sin percatarse de la condición del aceite, esto sumado a una posible falla de aislamiento interna en el transformador lo que puede originar una sobretensión en el equipo	Falla de aislamiento en el transformador, sobretensión, humedad en el aceite, cortocircuito interno, mal estado del aceite y del papel aislante		2	1	2	2	7	2	14	MO			X	X	X	
--	--	---	---	--	--------------------------------	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	----	----	--	--	---	---	---	--

Anexo J. Registro de pruebas eléctricas de transformadores

Registro Lado A

	EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
	REGISTRO DE PRUEBAS ELECTRICAS DE TRANSFORMADORES

1. TRANSFORMADOR			
NUEVO		USADO	
COMPRA EEASA	PARTICULAR	PERSONAL EEASA	CONTRATISTA
PERSONAL EEASA	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONTRATISTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.1 DATOS GENERALES TRANSFORMADORES NUEVOS						
PROYECTO:						
PROPIETARIO:				CI/RUC:		
ADM. CONTRATO:				ENTREGA:		
FISCALIZADOR:			N° CONT/APROB:			FIRMA:
CONTRATISTA:			CORREO:			CEL:
DIRECCIÓN TRAF0:				PROVINCIA:		
SECTOR DE REF:			ALIMENTADOR:			
POSTE #:			COORD. TRAF0.			

2.2 DATOS GENERALES TRANSFORMADORES USADOS						
ENTREGADO POR:				FECHA RECEP. LAB.		
REEMP POR TRAF0 #	KVA:	DEMANDA:	POSTE #:	RAZON:		
UBICACIÓN:						
PROYECTO:						
FISCALIZADOR:			N° CONT/APROB:			FIRMA:
CONTRATISTA:			CORREO:			CEL:

4. INSPECCIÓN VISUAL DEL INGRESO TRANSFORMADOR	
CUBA	ACCESORIOS

11. TRABAJO REALIZADO
FECHA:

Registro Lado B

 EEASA	EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. REGISTRO DE PRUEBAS ELECTRICAS DE TRANSFORMADORES
---	--

3. DATOS DE PLACA			
N° EEASA		# FASES	
SERIE		TIPO	
POTENCIA		CONEXIÓN	
VOLTAJE MV		PESO TOTAL	
VOLTAJE BV		MARCA	
TAP. NOM.		VOL. ACEITE	
Z			

5. PCBs			
CUANTITATIVA		CUALITATIVA	
PPM		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

6. PRUEBA RELACION TRANSFORMACION			
TAP	H1	H2	H3
1 <input type="checkbox"/>			
2 <input type="checkbox"/>			
3 <input type="checkbox"/>			
4 <input type="checkbox"/>			
5 <input type="checkbox"/>			
OBSERVACION			

7. PRUEBA RESISTENCIA DE BOBINADOS					
BOBINADO MV		BOBINADO BV		TAP NOMINAL	TEMP. AMBIENTE
H1-H2	Ω	X0-X1	Ω		°C
H2-H3	Ω	X0-X2	Ω	OBSERVACIONES	
H1-H3	Ω	X0-X3	Ω		
H1 (1F)	Ω	X1-X3 (1F)	Ω		

8. MEDICION DE PERDIDAS EN VACIO							
VOLTAJE	CORRIENTE [AMPERIOS]			POTENCIA [W]	cosφ	°C	OBSERVACIONES
	H1	H2	H3				

9. MEDICION DE PERDIDAS EN CORTOCIRCUITO							
VOLTAJE	CORRIENTE [AMPERIOS]			POTENCIA [W]	cosφ	°C	OBSERVACIONES
	H1	H2	H3				

10. PRUEBA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO							
5kV	MV-T	BV-T	MV-BV	DESCAR. H1	DESCAR. H2	DESCAR. H3	OBSERVACIONES
60s	21.8GA		31.2GA				
DAR							

REALIZADO POR	
NOMBRE	

REVISADO POR	
NOMBRE	

FECHA PRUEBAS	
INICIO	
FIN	

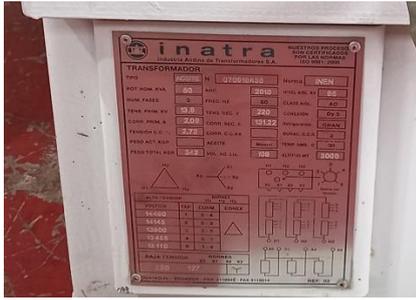
Anexo K. Visitas al área del laboratorio de transformadores

Exteriores del laboratorio	
	
	
	
Interiores del Laboratorio	
	

Interiores del Laboratorio



Placas de identificación de parámetros eléctricos en los transformadores de distribución



Equipo de medidas de temperaturas en las pruebas eléctricas



Anexo L. Instrumentos de medida utilizados en las pruebas eléctricas

Prueba eléctrica	Nombre del equipo de medida	Aplicado para Transformador		Fotografía Referencial
		Monofásico	Trifásico	
Prueba de relación transformación	Medidor DTR, marca: MEGGER, modelo: 8510 SINGLE-PHASE-TRANSFORMER – AEMC Instruments	X		
	Medidor: Megger Three Phase TTR, Transformer Turn ratio Test Set		X	
Prueba de resistencia de bobinados	Marca: Tinsley, modelo: 5896 Transformer microhmeter 25 A.	X	X	
Prueba de pérdidas en vacío	Equipo de medida Marca: Yokogawa, modelo: WT333E Digital Power Meter		X	
Prueba de pérdidas en vacío	Equipo de medida Marca: Schneider Power Logic PM5108	X		

<p>Prueba de pérdidas en cortocircuito</p>	<p>Equipo de medida marca: Yokogawa, modelo: WT333E Digital Power Meter para transformadores trifásicos y Schneider Power Logic PM5108 para transformadores monofásicos.</p>	<p>X</p>	<p>X</p>	
<p>Prueba de resistencia de aislamiento</p>	<p>Medidor Óhmetro, marca: METREL, modelo: MI 3205 Tera OhmXA 5kV</p>	<p>X</p>		
			<p>X</p>	